Physiologische Vorträge.

Für

Freunde der Naturwissenschaften

niedergeschrieben

von

Dr. F. W. Beneke,
Medicinalrath und Leibarzt S. K. H. des Großherzogs von Oldenburg ꝛc. ꝛc. ꝛc.

Erster Band.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten und zwei Abbildungen in Farbendruck.

Oldenburg,
Verlag von Ferdinand Schmidt.
1856.

Vorbemerkung.

Die folgenden Vorträge wurden im Winter $18^{54}/_{55}$ auf den Wunsch einiger Freunde der Naturwissenschaften vor einem größern und gemischten Zuhörerkreise größtentheils frei gehalten. Wenn ich jetzt der Aufforderung Folge leiste, dieselben niederzuschreiben und dem Druck zu übergeben, so geschieht es nicht ohne einiges Widerstreben. Nur zu wohl erkenne ich die Größe der Verantwortlichkeit, welche ich bei dem weiten Umfange der vorgetragenen Gegenstände übernehme. Der rasche Fortschritt der Naturwissenschaften in unserer Zeit macht es zur Unmöglichkeit, sich nach Wunsch und Gefallen mit allen neuern Leistungen bekannt zu erhalten, und, außer der Gefahr einzelnen Fachmännern ungerecht zu werden, liegt die Besorgniß nahe, durch Unbekanntschaft mit manchen der neuesten Zeit angehörigen Forschungen da das Vorhandensein einer Lücke anzudeuten, wo bereits sichere Thatsachen das Fundament weiterer Bestrebungen bilden. Andererseits läuft bei der Menge vorhandener und stets neu erscheinender populärer naturwissenschaftlicher Schriften eine jede neue Zusammenstellung oder Verarbeitung bekannter Thatsachen nur zu leicht Gefahr, als zwecklose Bücherschreiberei oder überflüssige Arbeit betrachtet zu werden. — Ein dreifacher Gesichtspunkt hat mich aber dennoch zur Uebernahme der Arbeit bewogen.

Zunächst wende ich mich an die Freunde der Naturwissenschaften im Allgemeinen, an „die Gebildeten aller Stände.“ Ihnen möchte ich das Verständniß der uns umgebenden Natur erschließen helfen, ihnen den erhebenden und anregenden Genuß zugänglich machen, den ein tieferes Eindringen in dieselbe bereitet, ihnen endlich die Namen derjenigen Männer vertraut werden lassen, denen die Naturwissenschaften ihre jetzige Höhe der Ausbildung verdanken, aus deren Werken ich schöpfte und deren Forschungen mir selbst so mannigfache Anregung gaben. — Ich gestehe es offen, daß ich bei der Mehrzahl populärer naturwissenschaftlicher Schriften, die den heutigen Büchermarkt füllen, hinsichtlich der von ihnen zu erfüllenden Aufgabe bald mehr, bald weniger vermißt habe. Bald gewinnt der Zweck einer leichten und angenehmen Unterhaltung so sehr das Uebergewicht, daß der Gegenstand selbst, jedes wissenschaftlichen Gewandes baar, in einer seiner unwürdigen Form erscheint; — man kann aber sehr wohl einen wissenschaftlichen Gegenstand populär vortragen, ohne ihn deshalb im Mindesten an seiner ihm eigenthümlichen Würde eine Einbuße erleiden zu lassen. — Bald wieder setzen die Schriften so viele Kenntnisse voraus, daß eine gewisse Unverständlichkeit des Gegenstandes den Leser eher von den Naturwissenschaften wegwendet, als mit Liebe zu ihnen erfüllt; — will man aber populär schreiben, so darf man nicht versäumen, da anzufangen, wo man mit seinem eigenen Wissen begonnen hat. Bald wieder wird der Gegenstand in rein docirender Form, wie in einem Schulbuch vorgetragen, und Treffliches ist z. B. in dieser Beziehung in dem weitverbreiteten „Buch der Natur“ von Schödler geleistet; — allein in dieser Weise entstehen naturwissenschaftliche Lehrbücher, deren genaueres Studium erst dann recht ersprießlich wird, wenn ihm eine richtige allgemeine Auffassung der Natur vorangeht, eine Auffassung, welche durch eine ebensowohl belehrende, als unterhaltende Form von Vorträgen vielleicht am sichersten herbeigeführt wird. Bald endlich führt man dem

Leser einzelne Abschnitte aus dem Naturganzen, wenn auch in hübscher Form, doch eben zusammenhangslos vor, und es fehlt dem nach klarer Einsicht in den Zusammenhang des Geschehens Strebenden an den richtigen Anknüpfungspunkten und Verbindungsgliedern für seine Vorstellung; — man darf aber nie übersehen, daß die Natur ein großes zusammenhängendes Ganze bildet, daß ohne die Einsicht in diesen Zusammenhang das Einzelne unverständlich bleibt und daß man bei dem Leser in keinem Falle scheinbar natürliche, aber doch ungerechte Voraussetzungen machen soll. Das sind die Einwände, die ich, wie erwähnt, gegen die große Mehrzahl bisher erschienener populärer naturwissenschaftlicher Schriften erheben zu müssen glaube. Dem letzten Vorwurf glaubte ich selbst nur dadurch entgehen zu können, daß ich eben das ganze Gebiet der Natur in das Bereich der Betrachtung zog und was ich damit an der Möglichkeit specieller Darlegungen einbüßte, wird sicher durch den Gewinn eines allgemeinen Verständnisses des zusammenhängenden Ganzen gewonnen. Den ersten beiden Vorwürfen auszuweichen habe ich es mir aber angelegen sein lassen, überall mit der Darlegung der einfachsten Thatsachen und Begriffe zu beginnen, durch die Form der Darstellung das Ermüdende abzuhalten, welches ein mehr docirender Vortrag oder das Studium eines Lehrbuches leicht mit sich führt, endlich aber auch den Gegenstand mit demjenigen Ernste zu behandeln, durch dessen Verkennung auch stets der erhebende Eindruck verloren geht, den das Studium der Naturwissenschaften in so hohem Grade auf das Gemüth ausübt. Für das Verständniß schwieriger populärer Schriften, so wünsche ich, sollen die folgenden Vorträge eine Vorbereitung sein; dem denkenden und strebsamen Naturfreunde sollen sie aber auch etwas mehr geben, als die Mehrzahl der ganz populären und oft sehr oberflächlichen Machwerke schreibseliger Autoren. Ich gehe dabei von der Ansicht aus, daß man dem Laien nicht nur eine Schilderung und Erklärung der am oberflächlichsten gelegenen

Erscheinungen geben, sondern ihm auch hie und da eine tiefere Einsicht in das weite Gebiet der wissenschaftlichen Forschung verschaffen muß. Achtung und Liebe zu derselben wachsen in gleichem Schritt mit der Tiefe der Einsicht. — Das ist den Freunden der Naturwissenschaften gegenüber mein Zweck und mein Wunsch. —

Zu zweit, und das ist ein Hauptbeweggrund meines Unternehmens, wende ich mich an die heranwachsende Generation der Aerzte, an meine werdenden Collegen. Ihnen sollen die Vorträge eine Vorbereitung sein zu den Fachstudien im engern Sinne des Wortes; ihnen wünschte ich den unmittelbaren Zusammenhang der praktischen Medicin mit den allgemeinen Naturwissenschaften von vorn herein klar zu machen, ihnen wünschte ich damit die eigene, so manchem schon betrübende Erfahrung zu ersparen, daß es im praktischen Leben zu spät ist, frühere Versäumnisse nachzuholen und tief gefühlte Lücken des Wissens oder Könnens auszufüllen.

Der werdenden Generation ist der Aufbau einer wissenschaftlichen Heilkunde vorbehalten. Zu solchem Werke bedarf es vor Allem der richtigen Leitung, der richtigen Ausgangspunkte. Nirgends anders aber liegen diese als in der allgemeinen und vergleichenden Physiologie; nirgends anders, als in der richtigen Auffassung des Verhältnisses vom Menschen zu der ihn umgebenden Natur. Nicht mit der Anatomie, nicht mit der speciellen Physiologie des Menschen, oder gar der Heilmittellehre, soll das Studium der Medicin beginnen. Die Krankheits- und Heillehre sind nur kleine Zweige der allgemeinen Naturwissenschaften. Eben so wenig, wie das gesunde, kann das kranke Leben begriffen werden, ohne diese. Ich sehe hier ganz davon ab, daß ohne Hülfe der Chemie und Physik die Erkenntniß des Wesens einer Krankheit unmöglich ist, daß Chemie und Physik in tausend Fällen die richtigen und naturgemäßen Heilmittel für diesen oder jenen Krankheitszustand an die Hand geben. Aber ohne die Kenntniß der unorganisirten Stoffe und ihrer Verbindungen ist das Leben der Pflanze unverständlich;

ohne die Kenntniß vom Leben der Pflanze und ihrer Producte ist das Leben des Thieres ein Räthsel, und ohne die Kenntniß des normalen Thierlebens ist das Wesen der Krankheit, sind die möglichen Mittel und Wege zu ihrer Entfernung nicht zu ergründen. Große, durchgreifende Naturgesetze, die uns die allgemeine Physiologie kennen lehrt, beherrschen, wie das gesammte Geschehen in der Natur, so auch das Leben des thierischen und menschlichen Organismus; ohne ihre gründliche Erkenntniß wird es immer ein vergeblicher Versuch sein, sich die Erscheinungen des gesunden oder kranken Lebens zu deuten. Nicht die Kenntniß einiger Krankheitserscheinungen und vieler Arzneimittel machen den Arzt; der allgemeine Physiolog ohne jedes Arzneimittel im engern Sinne des Wortes wird stets ein besserer Rathgeber sein in Krankheiten, als der beste Pharmacolog ohne allgemeine Physiologie. Die Beweise für die Richtigkeit dieser Behauptungen werde ich an vielen Stellen der nachfolgenden Vorträge niederlegen; und mag es auch heutigen Tages auf den ersten Blick noch als ein Sprung auf ein fremdes Gebiet erscheinen, wenn der praktische Arzt zu allgemein-physiologischen Vorträgen sich anschickt, es wird nicht lange mehr währen, bis sich allgemein die Ansicht Bahn bricht, daß die allgemeine Physiologie das ABC aller Krankheits- und Heillehre ist. Das ist es, was mich veranlaßt, die nachstehenden Vorträge als eine Propaedeutik für angehende Mediciner zu bezeichnen, und erreiche ich mit ihnen den Zweck, den letztern den richtigen Anfang und Weg für ein segensreiches Studium zu zeigen, ihnen den vielen Pfuschereien und handwerkerartigem Getreibe auf dem Gebiete der praktischen Medicin gegenüber einen festen Anhaltspunkt, eine feste Basis für ihren eigenen Fortbau zu geben, so habe ich einen lang und tief gehegten Wunsch erreicht.

Zu dritt wende ich mich an meine Zuhörer. Ihnen möchte ich durch das vorliegende Werk Gelegenheit geben, sich des in wenigen Stunden Gehörten und Gesehenen in ruhiger Muße noch

einmal zu erinnern. Das rege Interesse, welches den Vorträgen von einem nicht kleinen Kreise von Zuhörern geschenkt wurde, hat mir bewiesen, daß die Art der Darstellung und die Anordnung des Inhalts nicht unpassend gewählt waren; es läßt mich jetzt hoffen, daß es auch über die Zeit der Vorträge hinaus fortdauert. Mögen ihm die folgenden Blätter zur Handhabe dienen; mögen sie die rege Liebe zu den Naturwissenschaften stets wach erhalten und zu weitern Bestrebungen anregen!

So suche sich das Buch seinen Weg. — Sollte es Fachmännern zu Gesicht kommen, so muß ich bitten, den Zweck des Ganzen nicht zu übersehen und mein Unternehmen nachsichtig zu beurtheilen. Es ist mein Wunsch, daß, was ich selbst nur als einen Anfang, als flüchtige Skizzen betrachte, später von verschiedenen und kundigen Händen, jedoch ohne Beeinträchtigung der Kürze und Einfachheit der Darstellung, gesichtet und verbessert werde. Was ich geben wollte, sollte nur ein Grundriß sein, in welcher Jeder nach Gefallen das feinere Detail hineinzeichnen könnte, der aber als solcher dennoch genügte, um dem Naturfreunde eine klare Uebersicht über das Naturganze zu verschaffen.

Oldenburg, d. 2. Juli 1855.

Der Verfasser.

Zur Einleitung.

Die Landwirthe sprechen von einer Wechselwirthschaft und verstehen darunter eine der Art wechselnde Bepflanzung des Bodens, daß demselben in einem Jahre vorzugsweise die einen, in dem andern vorzugsweise andere Bestandtheile entzogen werden. Je nach der Beschaffenheit des Bodens selbst fällt diese Behandlung verschieden aus; die Umläufe der Fruchtfolgen sind bald kürzer, bald länger, die Fruchtfolgen selbst differiren mannigfach. Das Wesentliche bleibt aber immer das, daß man diejenige Erschöpfung des Bodens an gewissen Bestandtheilen zu vermeiden sucht, welche unfehlbar durch oft wiederholte Anpflanzung ein und derselben Frucht entstehen und das fernere Gedeihen derselben unmöglich machen würde, daß man dabei dennoch den größtmöglichen Nutzen aus den einmal gegebenen Verhältnissen zu ziehen trachtet und daß man endlich dafür Sorge trägt, daß die durch eine Fruchtreife hinweggenommenen Bodenbestandtheile während des Anbaues und der Reife einer anderen oder während einer Brache-Zeit durch Düngung oder wiederholtes Aufschließen des Bodens in das frühere Mengenverhältniß zurücktreten.

Eine ganz ähnliche Wechselwirthschaft erfordert unser geistiges Leben. Nicht nur daß auch hier, wie überall in der Natur, ein harmonischer Wechsel von Ruhe und Bewegung obwalten soll, in der Bewegung selbst soll auch eine derartige Abwechslung statthaben, daß die Gefahr der Erschöpfung vermieden wird und doch der Gewinn einer möglichst vielseitigen Benutzung der gegebenen Kräfte nicht verloren geht. Alltägliches Berufsleben, freie geistige Bewegung, Kunstgenuß, allgemein wissenschaftliche Beschäftigung, sie können gewissermaßen als

Fruchtfolgen auf dem fruchtbaren Boden des menschlichen Geistes betrachtet werden und ein guter Haushalter muß sie zu ordnen wissen.

In der rastlos schaffenden Zeit, in welcher wir leben, in welcher die Anforderungen an den Einzelnen von Jahr zu Jahr steigen, wird das Bedürfniß nach einer geregelten Verwendung der Geisteskräfte und einem erfrischenden Wechsel der Gedankenbewegung immer dringender. Wer sich dem Gesetze der Natur entziehen zu können glaubt, wird alsbald durch die eigene Erfahrung von der weisen Nothwendigkeit desselben überzeugt werden. Ein Jeder bedarf der zeitweiligen Ausspannung, des Wechsels der geistigen Beschäftigung; unsere Kunststätten, unsere Bibliotheken, unsere geselligen Institutionen, unsere Ferien- und Feiertage sind von diesem Gesichtspunkte aus nichts anderes, als eine wechselwirthschaftliche Nothwendigkeit. Je weiter sich das geistige Leben des Einzelnen entwickelt hat, um so mehr tritt dabei ein Verlangen nach äußerer Ruhe ein; nur in der Stille vermag sich der Geist, ungefesselt durch äußere Eindrücke, in voller Freiheit zu bewegen; nur in dieser Freiheit der Bewegung stellt sich das Gleichgewicht der geistigen Kräfte vollkommen her; was dem trägen Geiste die Einsamkeit zur Qual macht, macht sie dem regen Geiste zur Wonne.

Mannigfach sind die Früchte des geistigen Lebens, an deren Zucht und Genuß wir uns in dieser Ruhe, den Mußestunden unseres Daseins, erfreuen. Wir preisen die Musik, die mit ihren Klängen schon manche Sorge begrub, schon manche erschöpfte Kraft von Neuem belebte; wir preisen die Malerei und wer sich selbst mit ihr beschäftigte, der wird wissen, welch' neue Frische dem Geiste in dem vertraulichen Umgange eben mit ihr ersteht, welch' befriedigende Ruhe sie über das gesammte Geistesleben zu verbreiten vermag. Aber ebenbürtig steht ihnen ein drittes zur Seite. Es ist der Verkehr mit und in der Natur, der dem im Drange des alltäglichen Lebens erschöpften Geist eine der erquickendsten und lohnendsten Beschäftigungen gewährt.

Die weite Verbreitung und vielseitige Liebe, deren das Studium der Naturwissenschaften heutigen Tages in fast allen Kreisen der gebildeten Welt theilhaftig geworden ist, sind nicht allein Folge der hohen Bedeutung, welche dasselbe für das praktische Leben besitzt; sie sind vielmehr Folge des unendlich wohlthuenden Einflusses, welchen jenes

Studium auf das Gemüth und den nach Ruhe strebenden Geist ausübt, Folge der anerkannten Kraft, mit welcher dasselbe auf die ästhetische Ausbildung des Menschen so mächtig fördernd einwirkt. Wohl giebt es dem, der die Culturzustände eines Landes zu überwachen hat, Mittel und Wege an die Hand, den Wohlstand des Volkes zu heben, das gesunde körperliche Gedeihen desselben zu fördern, in seiner höhern, intellectuellen und moralischen Ausbildung Vorschub zu leisten; wohl sagt es dem, der das Wohl einer Familie sichern soll, wie es zu erreichen ist, in dem gesunden Körper die gesunde Seele zu wahren; aber wenn wir von einem Manne, dessen weitumfassende Kenntniß uns mit Bewunderung erfüllt, als die schönste Blüthe alles Verkehrs mit der Natur jene Erhebung und Ruhe des Gemüthes preisen hören, die auch der minder Begabte schon mannichfach erfahren haben mag, so kann uns das wohl als ein sicherer Beweis für die Richtigkeit unseres Ausspruches gelten. „Auf der untersten Stufe thierischer Rohheit, wie im Scheinglanze seiner höhern Bildung bereitet sich der Mensch stets ein mühevolles Leben. Es verfolgt den Wanderer über den weiten Erdkreis, über Meer und Land, wie den Geschichtsforscher durch alle Jahrhunderte das einförmige, trostlose Bild des entzweiten Geschlechts. Darum versenkt, wer im ungeschlichteten Zwist der Völker nach geistiger Ruhe strebt, gern den Blick in das stille Leben der Pflanzen und in der heiligen Naturkraft inneres Wirken; oder, hingegeben dem angestammten Triebe, der seit Jahrtausenden der Menschen Brust durchglüht, blickt er ahndungsvoll aufwärts zu den hohen Gestirnen, welche in ungestörtem Einklang die alte ewige Bahn vollenden.“ Das sind die Worte Alexander von Humboldt's *), denen die tiefdurchdachte einleitende Rede im ersten Bande seines Kosmos noch eine weitere Ausführung giebt. Und auch jener veredelnden, die ästhetische Ausbildung des Menschen fördernden Kraft des Naturstudiums, welcher Schleiden so schön und wahr in seinem empfehlenden Vorwort zu Prof. Harting's „Skizzen aus der Natur“ **) gedenkt, hat v. Humboldt in seinen „Ansichten

*) Ansichten der Natur. 1849. Bd. I, p. 38.

**) Prof. Harting's: Skizzen aus der Natur, übersetzt von Dr. Martin bevorwortet von M. J. Schleiden. 1854.

der Natur" *) als eines besonderen Hebels der Liebe zu den Naturwissenschaften ein treffliches Wort gewidmet. „Der Einfluß der physischen Welt auf die moralische," so heißt es dort, „das geheimnißvolle Ineinanderwirken des Sinnlichen und Außersinnlichen giebt dem Naturstudium, wenn man es zu höhern Gesichtspunkten erhebt, einen eignen noch zu wenig erkannten Reiz." Der hier gepriesene Einfluß der Naturbetrachtung ist es, der ihr so manche Herzen und Sinne erschließt, und, wachsend mit der zunehmenden Einsicht in die einzelnen Zweige des Wissens, ist er es, der die Naturwissenschaften für die Mußestunden der gebildeten Welt so besonders empfehlenswerth macht.

Aber es genügt hier nicht an einer oberflächlichen Betrachtung einzelner, abgerissener Gegenstände; es gewährt keine innere Befriedigung, hie und da eine Frucht zu kosten. Wer des vollen Genusses, des ganzen Reichthums der Wirkung theilhaftig werden will, darf nicht am Eingange stehen bleiben oder willkürlich von einem Felde zum andern überspringen; er muß nach einem allgemeinen Verständniß des Naturganzen, dessen einzelne Theile und Erscheinungen in untrennbarer Verbindung stehen, streben. Von der Art des Angriffs wird der Erfolg des Verkehrs mit den Naturwissenschaften abhängen. In der Erkenntniß jener großen und allgemeinen Gesetze, die das Geschehen in der Natur beherrschen und deren schon oben Erwähnung geschah, in der Erkenntniß der Einfachheit in der größten Mannigfaltigkeit liegt eine der reichsten Quellen der geistigen Erhebung, die der Verkehr mit den Naturwissenschaften bedingt; es steigt mit ihr die Einsicht in die enge Verkettung des Naturganzen und wächst der Begriff von jener „heiligen Naturkraft," deren inneres Wirken wir bewundern. Wir staunen bei dem Studium des „Kosmos" über die Fülle des uns dargebotenen Materials, die Masse des dargelegten Wissens, die Weite der Forschung, wir fühlen uns angezogen durch die gedankenreiche, würdevolle Sprache, die uns die Thatsachen vorführt, aber übersehen wir über das Alles nicht die große, dem Ganzen zu Grunde liegende Idee der Darstellung eines Weltgemäldes; war die Ausführung einer solchen nur einem Humboldt möglich, so war ihr Entwurf wohl auch

*) Ansichten der Natur, 1849, Bd. II, p. 20.

nur das Resultat des tiefsten Verständnisses der Natur selbst, der tiefsten Einsicht in den engen und harmonischen Verband aller einzelnen Erscheinungen. Wohl ist das Gebiet ein unendlich weites; mehr als ein ganzes Leben ist erforderlich für die erschöpfende Kenntniß eines nur kleinen Zweiges desselben; und stellen wir an den Einzelnen, der sich mit Erfolg mit den Naturwissenschaften beschäftigen will, die Anforderung einer umsichtigen Betrachtung des Naturganzen, so kann damit selbstverständlich keine tiefere Detailkenntniß in den einzelnen Abschnitten gemeint sein. Aber es ist hier bei allem Reichthum und aller Fülle von Thatsachen eine Auswahl des Wissenswerthesten möglich und diese Auswahl zu treffen, den leitenden Faden für weitere Bestrebungen an die Hand zu geben, ist der Gesichtspunkt, welcher bei Abfassung populärer und propaedeutischer naturwissenschaftlicher Vorträge vor allen andern festzuhalten, welcher auch in den folgenden Vorträgen festzuhalten gesucht wurde. —

Zunächst lag es daran, einen Begriff von den elementaren Stoffen und deren Verbindungen, von den Stoffen, aus denen die uns umgebende Natur besteht, zu geben. Dieser Begriff ist die nothwendige Grundlage aller weitern Betrachtungen; ihm wird deshalb auch der erste Vortrag gelten. Es kam sodann darauf an, zu zeigen, wie sich aus diesen von Anbeginn an vorhandenen Stoffen das Weltall und insonderheit unser Planetensystem mit der von uns bewohnten Erde hervorgebildet habe, welche Entwickelungsperioden die letztere namentlich durchlief, bevor sie zu dem gegenwärtigen Zustande gelangte. Ein jedes Ding hat seine Entstehungs- oder Entwickelungsgeschichte; die Kenntniß seines Wesens, seiner Erscheinungen u. s. w. wird wesentlich gefördert durch die Einsicht in jene Entwickelungsgeschichte. Bei derjenigen des Erdkörpers schien es aber nur um so nothwendiger länger zu verweilen, weil sich neben der Kenntniß seiner Gestaltung damit die wichtigsten und alleinigen Anhaltspunkte für den Versuch einer Erklärung der Schöpfung, für die Behandlung der Fragen nach dem ersten Entstehen organisirter, lebensfähiger Bildungen gewinnen lassen. Auf diese Vorlagen gestützt kann sich die Betrachtung erst mit Erfolg den Lebensformen und Erscheinungen der uns gegenwärtig zunächst umgebenden Welt hingeben; eine allgemeine

Physiologie des Pflanzen- und Thierreichs darf derselben nicht entbehren. Der Gang der Betrachtungen, denen dieselbe ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden hat, ist dann ein natürlich geregelter. Um den noch wenig mit der Natur Vertrauten zunächst ein Gesammtbild von den Vorgängen zu verschaffen, von denen die Erhaltung des jetzt bestehenden Ganzen bedingt ist, war es wünschenswerth, ein Bild, das den Kreislauf des Stoffes malt, voranzuschicken. Auf das Speciellere eingehend, war dann aber der Beginn mit jenen Organismen zu machen, die den todten, unorganisirten Stoff, tausendfältig mischend, zunächst zu jenen Formen verbinden, welche dem Thiere nothwendige Bedingungen für seine Existenz sind. Nach der erlangten Kenntniß von dem innern Bau der Pflanze hat sich sodann die Betrachtung den Nahrungsmitteln derselben, der Verbreitung der Nahrungsmittel in dem pflanzlichen Organismus und ihrer Verarbeitung zu den verschiedenen Producten, die uns das Pflanzenreich liefert, zuzuwenden. Um gleichzeitig eine Vorstellung von denjenigen Vorgängen zu bekommen, die das ewig neue Erstehen von pflanzlichen Organismen gegenüber dem steten Untergange derselben bedingen, ist es erforderlich auch einen kurzen Blick auf die Fortpflanzung der Gewächse zu werfen. Bei der Betrachtung des Thierreichs ist im Wesentlichen derselbe Gang einzuhalten. Es schien jedoch rathsam hier mit der Entwicklungsgeschichte des complicirten Organismus niederer und höher entwickelter Thiere zu beginnen, um von vornherein den engen Zusammenhang der einzelnen Organe, um die gleichmäßigen Ausgangspunkte und ähnlichen Erscheinungen der Entwickelung sämmtlicher Thierformen, um aber auch sogleich die typische Verschiedenheit gewisser Gruppen derselben, die sich eben in der Entwickelungsgeschichte so characteristisch ausspricht, darzuthun. Es mußte sich dann um eine nähere Betrachtung des innern Baus des Thierkörpers handeln; eine vergleichend anatomische Betrachtung der verschiedenen Organensysteme, des Nerven-, Respirations-, Circulations- und Verdauungssystems mußte der Darlegung der Verrichtungen der einzelnen Organe vorausgehen, und dieser Darstellung konnte erst endlich die Betrachtung des gesammten Ernährungslebens, so wie der geistigen Thätigkeiten in ihrer Verbindung mit letzterm folgen.

So muß sich allmälig ein allgemeines Bild des Naturganzen und des Geschehens in der Natur gestalten; mit Erfolg wird sich jetzt der Einzelne, je nach Neigung und Wunsch, speciellern Betrachtungen widmen können. Anerkennend und empfehlend wollen wir dabei nicht vergessen der mannigfachen Hülfsmittel zu gedenken, die heutigen Tages auch dem Laien zur Hebung seines naturwissenschaftlichen Interesses, wie zur Erweiterung seiner Erkenntniß überall zu Gebote stehen. Die Betrachtung der in den naturhistorischen Museen fast aller größern Städte angesammelten Schätze, die Benutzung stellvertretender gelungener Abbildungen, die Anlage eigener kleinerer Samlungen sind ohne Frage von bedeutendem Einfluß für die naturwissenschaftliche Ausbildung. Ganz besonders sei aber hier der microscopischen Beobachtungen gedacht, die abgesehen von dem unendlichen Reize und dem Bewunderung erregenden Eindrucke, welchen sie mit sich führen, das Verständniß mancher schwierig zu schildernder Verhältnisse sehr wesentlich unterstützen und erleichtern. Der bedeutende Fortschritt der letzten Jahrzehnde in der Erkenntniß des feinern Baus der pflanzlichen und thierischen Organismen, einer Erkenntniß, welche für die allgemeine Physiologie von der größten Bedeutung war, wurde insonderheit durch die bedeutende Vervollkommnung unserer optischen Instrumente, unserer Microscope ermöglicht. Wenn nicht nothwendig, so ist es doch überaus wünschenswerth, daß sich auch der Laie in diesen Gebieten durch unmittelbare, eigene, durch Abbildungen immer nur schwer zu ersetzende Anschauungen unterrichte; die Erreichbarkeit solchen Wunsches liegt heutigen Tages nahe. Die Billigkeit sehr brauchbarer Microscope, die durch Kauf zu erlangenden, sehr gelungenen Präparate von den wesentlichsten Theilen des pflanzlichen und thierischen Organismus setzen einen Jeden bald und leicht in den Stand, sich die genußreichsten Stunden zu verschaffen; eine jede Pflanze, ein jeder Thierkörper bietet außerdem dem Besitzer eines Microscopes tausendfach Gelegenheit, sich an den zarten und schönen Bildungsformen derselben zu erfreuen, ein Genuß, der, wie erwähnt, als ein wesentlicher Hebel des naturwissenschaftlichen Verständnisses und Interesses zu betrachten ist. Um auch nach dieser Seite hin eine Anleitung zu geben und das Verständniß des Textes

zu erleichtern, wurden in den folgenden Vorträgen einzelne Abbildungen eingeschaltet und Andeutungen in Betreff der Auffindung und eigenen Darstellung lehrreicher Objecte gegeben.*)

Diese Andeutungen über das Nutzbringende und Erhebende, das Beruhigende und Anregende des Naturstudiums und seine Ausführung gelten keineswegs nur für den Gebildeten jeden Standes, sie sollen vielmehr auch demjenigen, der sich irgend einem Zweige der Naturwissenschaften als seiner Lebensaufgabe widmen will, und insonderheit den angehenden Fachgenossen des Verfassers der folgenden Vorträge gewidmet sein. Mehr noch für sie, als für die Laien, ist ein Streben nach übersichtlicher Kenntniß und richtiger Auffassung des Naturganzen erforderlich; das Fruchtbare dieses Strebens für die eigene Forschung ist über jeden Zweifel erhaben; was in der obigen Vorbemerkung schon angedeutet wurde, bedarf hier der Wiederholung. Erleichterung des Verständnisses der im speciellen Fache in Frage kommenden Verhältnisse, aus vergleichenden Betrachtungen entspringende Anregung zu neuen Ideen und Untersuchungen, Vermeidung eines der Wahrheit hinderlichen Abspringens auf naturwidrige und speculative Anschauungen, erfrischende Erweiterung des Gesichtskreises und gemuthliche Erhebung sind die Resultate der allgemeinen Naturerkenntniß, die wir als die wesentlichsten für denjenigen, der sich einen speciellen Zweig derselben zum Felde seiner praktischen Thätigkeit erwählte, bezeichnen müssen. Bedarf es noch des Beweises, welches Genusses derjenige verlustig geht, dem es um eine solche Naturerkenntniß nicht zu thun ist, der sich nicht durch die reichen Freuden derselben über die niemals fehlenden niederschlagenden Ergebnisse der praktischen Berufsthätigkeit zu erheben sucht? Es ist nicht nur deshalb ein Mißgriff, daß die jungen Aerzte, sobald sie auf die Universität kommen, sich sofort den speciellsten Fachstudien widmen, weil

*) Sehr instructiv und empfehlenswerth ist in Bezug auf die Microscope überhaupt, deren Gebrauch u. s. w. das Werk von Dr. H. Schacht: Das Microscop und seine Anwendung, insbesondere für Pflanzenphysiologie. Zugleich ein einleitender Unterricht in die Physiologie der Gewächse. Berlin 1855.

ihnen damit die Erlangung der so nothwendigen, allgemeinen naturwissenschaftlichen Kenntnisse, die Grundlage ihres gesammten spätern Handelns verloren geht, sondern auch deshalb, weil ihnen bei Vernachlässigung eben dieser Studien eine der reichsten Quellen ihrer künftigen Lebensfreuden verschlossen bleibt. Von dem Arzte, der sich stets und nur in dem engen Kreise seiner Berufsthätigkeit bewegt, kann man es allenfalls begreifen, wenn er am Abend seines Tages oft mit wenig erfreuten Sinnen auf sein Berufsfeld zurückblickt; von demjenigen, dessen Blick weiter geht, der ohne sein specielles Fach zu vernachlässigen, doch stets, des unmittelbaren Zusammenhanges desselben mit den allgemeinen Naturwissenschaften eingedenk, auch diesen einen Theil seiner Zeit und seiner weitern Betrachtungen widmet, wird man die Klage nicht leicht hören. Der Grenze menschlicher Fähigkeit, der Schwierigkeit des Verkehrs mit den verschiedensten Individualitäten nicht überhoben, wird er stets, befreit von dem Drucke betrübender Erfahrungen, neue Anregung zum eigenen Fortstreben und reichen Genuß in dem stillen Verkehr auf dem weiten Gebiete seiner Wissenschaft finden. Dieses Streben und dieser Genuß heben ihn allein über Tausende von Schwierigkeiten hinweg, welche ihm sein Beruf stellt; der Sorge bietet die Zufriedenheit, der vielseitigen Gedankenbewegung die geistige Ruhe, den rauhen Seiten eines öffentlichen, praktischen Berufs das Wohlthuende der stillen, ungestörten Betrachtung ein Aequivalent.

Die äußere Lage, in welche er bei der Gestaltung des Lebensschicksals gelangt, kennt Niemand zuvor. Glücklich derjenige, dessen Lebensverhältnisse sich so gestalten, daß ihm neben seiner Berufsthätigkeit wenn auch nur einige Zeit und Muße zur weitern eignen Ausbildung übrig bleiben. Aber es giebt auch eine Menge von Verhältnissen, wo durch Localität, Verhältnisse des allgemeinen Wohlstandes u. s. w, eine solche Muße nicht zu erreichen ist; klagend hört man von Tausenden die Unmöglichkeit nennen, auch nur Augenblicke der Muße in dem Drange der weit ausgedehnten praktischen Berufsthätigkeit zu gewinnen. Doppelt nothwendig ist es für solche Verhältnisse, schon bei Beginn der Fachstudien die richtige Grundlage gelegt zu haben und sich nicht von Anfang an auf das enge Gebiet

der speciellen Fachkenntniß zu beschränken. Hier, wo das Feld der eigenen Beobachtung, der allmäligen Entwicklung eigener Anschauungen mehr oder weniger das einzige bleibt, auf dem der praktische Arzt seine Freuden zu suchen hat, hier kommt es noch mehr, als da wo ein fortbildender wissenschaftlicher literarischer oder geselliger Verkehr möglich ist, auf die richtigen Ausgangspunkte an, und wenn Niemand leugnen kann, daß die praktische Medicin nur einen Zweig der allgemeinen Naturwissenschaften bildet, so wird auch jeder nur in ihnen die festen Grundlagen und Ausgangspunkte seines Handelns und Denkens suchen. So wird auch für den durch die äußern Verhältnisse weniger Begünstigten das mühevolle Leben selbst die Quelle reicher Freuden, der beruhigenden und anregenden Erkenntniß sein; auch ihm wird endlich der Tag nicht fehlen, wo er mittheilend aus dem Schatze seiner Erfahrungen sein bleibend Theil beitragen kann zur Förderung des großen Ganzen, der dem körperlichen und geistigen Wohle der Mitwelt geltenden Wissenschaft.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend habe ich bei der Bearbeitung der folgenden Vorträge auf das Bedürfniß angehender Fachgenossen Rücksicht genommen; ich bezeichne sie in dieser Beziehung als eine Propaedeutik angehender Mediciner und glaube mich in der Ueberzeugung nicht zu täuschen, daß mit dem Hinweis auf die dringende Nothwendigkeit und das gleichzeitig Erfrischende allgemein naturwissenschaftlicher Studien der Förderung der wissenschaftlichen Heilkunde ein ebenso wesentlicher Dienst geleistet wird, als durch eine besondere fachwissenschaftliche Leistung; dies um so mehr in einer Zeit, wo die praktische Medicin selbst einen bedeutenden Umschwung zu erfahren hat, wo als der richtige Ausgangspunkt für ihr glückliches Gedeihen aber eben die allgemeinen Naturwissenschaften mehr und mehr anerkannt werden. Der ruhige Fortbau auf diesem Boden macht jede Polemik gegen irgend welche praktisch-medicinischen Systeme, Heilmethoden oder Charlatanerieen unnöthig; die Wahrheit bricht sich überall siegreich die Bahn und nur was sich in logischer Gedankenfolge der wahren Naturerkenntniß anschließt, hat hier eine sicher verbürgte Zukunft, einen festen Bestand. Das ist eine unverbrüchliche Gewißheit. Aber das ihr zur Seite stehende Bewußtsein von unserer noch lückenhaften Erkenntniß

des Naturganzen gebietet der Kritik verschiedener Bestrebungen bis auf Weiteres auch eine nie zu vergessende Bescheidenheit; die Erlangung jenes Bewußtseins, die Vermeidung maaßloser, unerquicklicher Kritiken sind selbst wieder nur Folge einer allgemeinen Durchbildung.

So viel zur Einleitung für die Leser der folgenden Vorträge. Wir beginnen, nach der oben verzeichneten Anordnung des Inhalts mit der Betrachtung der Elementarstoffe und deren Verbindungen. —

Erster Vortrag.

Die Elementarstoffe und deren Verbindungen.

Es lautet Manchem wohl wunderbar, daß unser Körper aus keinem andern Stoff bestehen soll, als der Körper eines beliebigen Thieres, als der Baum, als selbst das von uns bewohnte Erdreich und die uns umgebende Luft. Aber dennoch bezeichnen wir als einen der bedeutendsten naturwissenschaftlichen Fortschritte unseres Jahrhunderts den Nachweis der Chemie, daß die sämmtlichen uns bekannten Naturkörper ohne Ausnahme auf eine Reihe s. g. einfacher oder Elementar-Stoffe zurückzuführen sind, daß wir es im Reiche der organisirten Körper, im Thier- und Pflanzenreich, mit keinen andern Elementarstoffen zu thun haben, als im Reiche derjenigen Körper, die wir die unorganisirten nennen.

Was Empedocles im griechischen Alterthum lehrte, was wir in unsern Kinderjahren noch gläubig hinnahmen, daß die Welt aus Feuer und Luft, Wasser und Erde entstanden sei, hat der richtigen Erkenntniß der Elementarstoffe weichen müssen; das empedocleische Feuer kennen wir nur noch als die Erscheinungsform eines chemischen Vorganges, des Verbrennungsprocesses, und Wasser, Luft und Erde sind nicht mehr als einfache, sondern als sehr zusammengesetzte Körper zu betrachten.

Nicht weniger als 61 einfache Elementarstoffe hat uns die Chemie bis dahin kennen gelehrt. Sie bezeichnet als Elementarstoff einen solchen, der durch keins der uns zu Gebote stehenden Hülfsmittel der chemischen Analyse weiter zerlegt werden kann und denkt sich dieselben als aus kleinsten, untheilbaren Theilchen, aus Atomen oder Molekülen bestehend. *) Ob mit jener Zahl jedoch schon sämmtliche, überhaupt existirende Elementarstoffe erschöpft sind, lassen wir dahingestellt sein; die Ent-

*) In Betreff der historischen Entwickelung der Lehre von den Atomen finden sich in den „Physikalischen Studien“ von Prof. Tellkampf in Hannover (1854) zwei kurze, empfehlenswerthe Artikel: „Aeltere und neuere Ansichten über die Gestaltung der Materie“ und „Atomistik und Dynamik.“

deckung von 2 neuen Elementen innerhalb der letzten 12 Jahre läßt vermuthen, daß die Reihe derselben noch nicht als vollständig abgeschlossen angesehen werden darf.

Wie in allen Schöpfungen der Natur, so tritt uns nun aber auch schon hier das Gesetz der weisesten Sparsamkeit in den angewandten Mitteln entgegen. Nur wenige Elementarstoffe kommen bei der Zusammensetzung der uns insonderheit interessirenden Naturkörper in Betracht; bei der Untersuchung der sämmtlichen pflanzlichen und thierischen Organismen werden kaum mehr als 16 einfache Stoffe unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen; die wesentlichsten Bestandtheile derselben: der Zellstoff der Pflanze, die eiweißartigen Stoffe des Pflanzen- und Thierkörpers, die Fette, das Stärkemehl u. s. w., lassen sich sogar auf 4—5 Elementarstoffe zurückführen. Beschweren wir deshalb auch hier Vorstellung und Gedächtniß nicht mit der Aufzählung jener sämmtlichen bekannten Elementarstoffe; bezeichnen wir vielmehr nur die wichtigsten derselben. In Betreff der seltener vorkommenden geben die Hand- oder Lehrbücher der unorganischen Chemie weitern Aufschluß.

Nicht alle Elementarstoffe sind von gleicher Beschaffenheit. Einige sind gasförmig, andere flüssig, andere fest; die einen sind glänzend, leiten die Wärme und Electricität leicht fort, die andern entbehren dieser Eigenschaften. Man hat sie darnach in gewisse Gruppen eingetheilt und es ist wichtig, dieselben zu kennen. Zunächst sondert man die sämmtlichen Elementarstoffe in Metalle und Nichtmetalle oder Metalloide; jene sind es, die sich durch ihren metallischen Glanz, ihre Fähigkeit leichter Wärme- und Electricitätsleitung vor diesen auszeichnen. Die Metalle selbst theilt man sodann wieder in leichte und schwere; die Metalloide in gasförmige, flüssige und feste. Nur der wesentlichsten Elementarstoffe wollten wir hier gedenken; jede der bezeichneten Gruppen findet sich aber dennoch unter ihnen vertreten. Zur Erleichterung des Ueberblicks stellen wir sie tabellarisch zusammen:

Nichtmetalle.			Metalle.		
a. gasförmige.			a. leichte.		
* Sauerstoff	O.	8.	* Kalium	Ka.	39.
* Wasserstoff	H.	1.	* Natrium	Na.	23.
* Stickstoff	N.	14.	* Calcium	Ca.	20.
* Chlor	Cl.	35.	* Magnium	Mg.	12.
			Barium	Ba.	68.
			* Aluminium	Al.	13.

Nichtmetalle.			Metalle.		
b. flüssige.			b. schwere.		
Brom	Br.	78.	* Eisen	Fe.	28.
c. feste.			Mangan	Mn.	27.
Jod	J.	127.	Kupfer	Cu.	31.
* Kohlenstoff	C.	6.	Blei	Pb.	103.
* Schwefel	S.	16.	Zinn	Sn.	58.
* Phosphor	P.	32.	Zink	Z.	32.
* Kiesel	Si.	22.	Quecksilber	Hg.	100.
Arsenik	As.	75.	Silber	Ag.	108.
			Gold	Au.	98.
			Platin	Pl.	98.

Die mit einem * bezeichneten sind diejenigen Elemente, deren weiterhin insonderheit oft Erwähnung geschehen wird. Die nicht aufgeführten 37 einfachen Stoffe, wie das Beryllium, Cadmium, Zirkonium, Yttrium u. s. w. lassen wir hier ganz unberücksichtigt; sie bilden nur Bestandtheile seltener vorkommender Mineralien oder Erdarten.

Die unendliche Mannigfaltigkeit der uns umgebenden Naturkörper wird nun dadurch bedingt, daß diese einzelnen Elementarstoffe, kraft der ihnen eigenthümlichen chemischen Verwandtschaft, Affinität oder Anziehungskraft, — eine Kraft, die man vielleicht nicht mit Unrecht der elektrischen Anziehungskraft identificirt, — Verbindungen mit einander eingehen. Keine Naturbetrachtung kann einer, wenn auch nur generellen Kenntniß dieser Verbindungen entbehren. Unterziehen also auch wir sie einer näheren Untersuchung und fragen, welcher Art sie sind, wie und wo sie entstehen, welches ferner die als ihr Ergebniß zu betrachtenden Körper sind? Im Allgemeinen diene Folgendes darüber zur Orientirung.

Was zunächst die elementare Zusammensetzung anbetrifft, so unterscheidet man, je nachdem 2, 3 oder 4 Elementarstoffe zu einem s. g. einfachen Körper vereinigt sind: binäre, ternäre oder quaternäre Verbindungen. So ist die aus der Vereinigung des Schwefels mit dem Sauerstoff hervorgehende Schwefelsäure eine binäre Verbindung; so das aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff gebildete Stärkemehl, oder Holz, oder Gummi eine ternäre, so das aus der Verbindung von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff hervorgehende Chinin, das bekannte, aus der Chinarinde gewonnene Fieberheilmittel, so das in allen Organismen

vorkommende und aus denselben Elementen bestehende Eiweiß eine quaternäre Verbindung. Man nennt diese sämmtlichen Verbindungen, sofern man von der Ansicht ausgeht, daß sie unmittelbar aus dem Zusammentritt von Elementarstoffen hervorgehen: Verbindungen erster Ordnung, eine Bezeichnung, die wir für den Augenblick einmal festhalten wollen, die sich in Betreff der ternären und quaternären, ja selbst einiger binären Verbindungen aber fort und fort (s. u.) als weniger zutreffend erweist.

Eine Verbindung erster Ordnung kann nun wieder mit einer andern Verbindung erster Ordnung eine chemische Verbindung eingehen. Es entsteht dadurch ein neuer Körper. Wir bezeichnen denselben als eine Verbindung zweiter Ordnung. So kann die Schwefelsäure eine Verbindung eingehen mit dem Natron, einer ebenfalls binären, aus Natrium und Sauerstoff bestehenden Verbindung, und es geht daraus als Verbindung zweiter Ordnung das schwefelsaure Natron oder Glaubersalz hervor; so kann ferner die Schwefelsäure eine Verbindung eingehen mit dem Chinin und es entsteht daraus, als Verbindung zweiter Ordnung, das schwefelsaure Chinin. So kann sich die Essigsäure, eine ternäre aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehende Verbindung, mit dem Natron verbinden und es entsteht als Verbindung zweiter Ordnung das essigsaure Natron. So kann sich endlich dieselbe Säure mit Morphium, einer aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehenden, aus dem Mohnsaft gewonnenen, quaternären Verbindung verbinden und es entsteht, wieder als Verbindung zweiter Ordnung, das essigsaure Morphium. Es können sich also binäre sowohl, als ternäre und quaternäre Verbindungen erster Ordnung mit binären, ternären und quaternären derselben Ordnung zu chemischen Verbindungen zweiter Ordnung verbinden; die große Mannigfaltigkeit der damit gegebenen Möglichkeiten der Herstellung verschiedener Körper wird Jedem in die Augen springen.

Aber die Möglichkeiten sind damit noch nicht erschöpft. Es können sich Verbindungen zweiter Ordnung auch wieder mit Verbindungen derselben Ordnung verbinden. Daraus entstehen abermals neue Körper. Wir bezeichnen dieselben als: Verbindungen dritter Ordnung. Eine solche stellt z. B. der Alaun dar. Dieser besteht aus schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali, d. h. also aus Schwefel und Sauerstoff in Verbindung mit Aluminium und Sauerstoff (= Thonerde) und aus wieder Schwefel und Sauer-

stoff in Verbindung mit Kalium und Sauerstoff (=Kali). Diese Verbindungen kommen jedoch seltener vor und werden uns späterhin wenig beschäftigen.

Zu dieser eben gegebenen Eintheilung führte die Berücksichtigung der elementaren Zusammensetzung der chemischen Verbindungen. Man hat dieselben aber noch von einem andern Gesichtspunkte aus betrachtet und sie nach ihrem natürlichen Vorkommen oder besser nach ihrem Geburtsorte geordnet. Man theilte sie ein in die beiden großen Classen der organischen und unorganischen, und begriff unter jenen die nur im pflanzlichen und thierischen Organismus vorkommenden und also auch nur dort gebildeten, unter diesen aber die sämmtlichen auch außerhalb der Organismen und ohne jedwede Beihülfe derselben entstehenden Verbindungen. Fand man weiter, daß die ersteren der bei Weitem größten Mehrzahl nach aus ternären und quaternären, die letzteren aber unter allen Umständen aus binären Verbindungen erster, zweiter oder dritter Ordnung bestanden, so traf der Name der organischen Verbindungen auch vorzugsweise die ersteren, und der der unorganischen die letzteren; Zucker, Stärkmehl, Holz, Eiweiß würden also zu jenen, Schwefelsäure, Kali, Natron u. s. w. zu diesen gehören. Die organischen Verbindungen sonderte man sodann wieder in stickstoffhaltige und stickstofffreie. Bei dem vielfachen Gebrauch dieser Bezeichnung ist es wichtig, zu wissen, daß wo von stickstofffreien Verbindungen die Rede ist, man darunter allemal binäre, aus Kohlenstoff und Wasserstoff, oder ternäre, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehende organische Verbindungen besteht, wo dagegen von stickstoffhaltigen Verbindungen gehandelt wird, meistens organische Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff gemeint sind. — Allein so einfach und klar diese Eintheilung auch scheint, die neuere Chemie hat den Nachweis geliefert, daß sie eben so wenig, wie die auf den Grund der elementaren Zusammensetzung vorgenommene, durchweg stichhaltig ist. Die bedeutsame, schon im Jahre 1829 gemachte Entdeckung Wöhler's, daß man den Harnstoff, eine aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehende, bis dahin nur im Thierkörper oder dessen Auswurfsstoffen gefundene quaternäre Verbindung, auch aus unorganischen Stoffen, und zwar aus Cyansäure und Ammoniumoxyd, ohne irgend welche Beihülfe eines Organismus darstellen könne, hat den wichtigen Beweis geliefert, daß die Bezeichnung dieser Verbindungen als organischer keine durchgreifend richtige, bezeich-

nende oder charakteristische sei. Schon mehr ähnliche Entdeckungen sind jener ersten in neuerer Zeit gefolgt, und es leidet kaum einen Zweifel, daß man in nicht langer Zeit noch viele Verbindungen, die man bisher als nur unter Vermittlung eines thierischen oder pflanzlichen Organismus entstehend wähnte, auch außerhalb eines solchen und künstlich, ähnlich den unorganischen Verbindungen, herzustellen verstehen wird.

So befinden wir uns schon hier zu Anfang unserer Betrachtungen auf keinem absolut sichern und festen Boden; auch die Chemie ist eine noch sehr in der Entwicklung begriffene Wissenschaft; das Studium der Bildungsverhältnisse und der s. g. Constitution der organischen Verbindungen bildet eben den Hauptgegenstand ihrer gegenwärtigen Bestrebungen. Bis es jedoch gelingen wird, die sämmtlichen chemischen Verbindungen von einem Gesichtspunkte aus in durchgreifend richtiger Weise zu ordnen, mag noch mancher Tag vergehen und so müssen auch wir noch in unseren Betrachtungen an den herkömmlichen Bezeichnungen festhalten. Wir werden uns also des Ausdruckes der binären, ternären und quaternären Verbindungen erster, zweiter oder dritter Ordnung ebensowohl, als des Ausdrucks der organischen und unorganischen bedienen. Unter den organischen Verbindungen begreifen wir diejenigen, welche vorzugsweise und natürlich fast nur im pflanzlichen oder thierischen Organismus vorkommen, unter den unorganischen dagegen diejenigen, welche vorzugsweise außerhalb der Organismen sich finden und ohne Beihülfe eines solchen durch den einfachen Zusammentritt der Elemente gebildet werden.

Die ganze, uns umgebende körperliche Welt besteht also aus einer Reihe von Elementarstoffen, die unter sich die mannigfachsten Verbindungen eingehen und damit eben die Verschiedenartigkeit der Naturkörper bedingen. Bald sind diese Verbindungen einfacher, bald complicirter; bald gehen nur zwei, bald mehre Elemente in einen gemeinsamen Verband ein; die einen kennen wir heutigen Tages, mit nur wenigen Ausnahmen, als nur in dem thierischen oder pflanzlichen Organismus entstehend, wir nennen sie die **organischen**, die andern können wir jeden Augenblick auch im chemischen Laboratorium herstellen und sehen sie überall auch in der Natur ohne Beihülfe eines Organismus entstehen; wir nennen sie die **unorganischen**.

Zur kurzen Bezeichnung der einzelnen Elementarstoffe hat man die Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Namen gewählt. Es finden sich die-

selben oben neben den angegebenen Stoffen selbst bemerkt. Auch wir werden uns im Folgenden dieser kürzern Schreibweise bedienen und bezeichnen also mit O (Oxygenium) den Sauerstoff, mit H (Hydrogenium) den Wasserstoff, mit N (Nitrogenium) den Stickstoff, mit C (Carboneum) den Kohlenstoff, mit S (Sulphur) den Schwefel, mit Na (Natrium) das Natrium, mit Fe (Ferrum) das Eisen &c. &c. —

Die langjährigen genauesten und mühsamsten Forschungen der Chemiker haben nun aber noch weiter geführt. Sie haben uns nicht nur das Hervorgehen der verschiedenartigsten Körper aus der Verbindung dieser und jener Elemente kennen gelehrt, nicht nur gelehrt, daß dieser Körper zu jenem, jener zu diesem eine größere Verwandtschaft hat, sie haben auch nachgewiesen, daß diese Verbindungen stets in der Art erfolgen, daß sich je ein Element mit je einem andern nur in ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen vereinigt. Die Zahlen, welche diese Gewichtsverhältnisse bezeichnen, finden sich in der obigen Tabelle in dritter Reihe angegeben; wir nennen sie die Atomgewichtszahlen oder die chemischen Aequivalente. Bei der Bestimmung dieser Zahlen hat man das Gewicht des Wasserstoffs, als des leichtesten Körpers als Einheit gesetzt und darauf nun die übrigen Atomgewichtszahlen berechnet. Ein Beispiel wird diese Verhältnisse sofort anschaulich machen. — Verbindet sich ein Theilchen Kalium mit einem Theilchen Sauerstoff, so entsteht Kaliumoxyd oder Kali; Kalium und Sauerstoff stehen aber in diesem neuen Körper in einem ganz bestimmten Gewichtsverhältniß und die obige Tabelle sagt uns, wie die Untersuchungen es ergeben haben, daß der Sauerstoff sich hier zum Kalium dem Gewichte nach verhält, wie 8 : 39. 8 Loth Sauerstoff und 39 Loth Kalium würden also immer genau 47 Loth Kali bilden, oder umgekehrt, 47 Loth Kali werden allemal aus 8 Loth O und 39 Loth Ka, 1 Loth Kali aus $^{8}/_{47}$ Loth O und $^{39}/_{47}$ Loth Ka bestehen. — Wo immer sich je ein Atom eines Elements mit einem andern zu einem neuen Körper verbindet, da erfolgt diese Verbindung nach den angegebenen Gewichtszahlen und das Gewicht des neuen Körpers entspricht der Summe der Gewichte der beiden Componenten. Ganz in derselben Weise treten die Verbindungen zweiter Ordnung nach den durch die obigen Atomgewichtszahlen vorgezeichneten Verhältnissen zusammen. Das Atomgewicht des Kali würde also z. B. in einer Verbindung zweiter Ordnung immer 47 sein.

Und noch weiter. Nicht nur je ein Atom eines Elementes verbindet sich jedesmal mit je einem Atom eines andern Elementes. — Das Studium der Gewichtsverhältnisse, in welchen die einzelnen Elemente verbunden sind, führte vielmehr zu der Anschauung hin, daß sich mit je einem Atom eines Elementes auch mehr Atome eines andern Elementes verbinden können. Dadurch entstehen wieder sehr verschiedene Körper und eben weil man in ihnen allemal die oben bezeichneten einfachen Gewichtsverhältnisse oder ganz bestimmte Multipla derselben fand, deutete man die Constitution dieser Verbindungen in der Weise, daß sich je ein Atom eines Elementes mit je 2 oder 3 oder 4 oder 5 Atomen eines andern Elementes verbunden habe. — So fand man, daß die Schwefelsäure aus Schwefel und Sauerstoff in dem Verhältniß von 16 : 24 bestand, die s. g. schweflige Säure dagegen aus Schwefel und Sauerstoff in dem Verhältniß von 16 : 16; in andern Verbindungen, wie z. B. in dem oben erwähnten Kali hatte man gefunden, daß sich der Sauerstoff mit andern Elementen auch in dem Gewichtsverhältniß von 8 (Wasserstoff immer = 1 gesetzt) verbinde. Daraus schloß man dann, daß die Schwefelsäure aus der Verbindung von 1 At. Schwefel mit 3 At. Sauerstoff, die schweflige Säure dagegen aus 1 At. Schwefel mit 2 At. Sauerstoff, das Kali aus der Verbindung von 1 At. Kalium mit 1 At. Sauerstoff hervorgehe. Um diese Verhältnisse, deren Ermittelung selbstverständlich eine unendliche Mühe gekostet hat, sofort anschaulich zu machen, wurde bestimmt, in der Zeichenschrift neben den das Element bezeichnenden Buchstaben allemal sogleich die Zahl der Atome desselben zu bemerken, welche in seiner Verbindung enthalten seien; der Buchstabe ohne Zahl sollte aber anzeigen, daß nur ein einziges oder einfaches Atom in derselben zugegen sei. Die Schwefelsäure würde demnach durch SO_3, die schweflige Säure durch SO_2 bezeichnet werden, das Kali durch KO. *)

Man stellt sich in der Regel die richtige Auffassung dieser Atom-Verhältnisse viel schwieriger vor, als sie ist; aber man werde sich nur klar dar-

*) Um die chemische Schreibweise noch mehr zu erleichtern, ist man auch übereingekommen, die Zahl der in einer Verbindung enthaltenen Sauerstoffatome durch Punkte über dem Zeichen des mit dem Sauerstoff verbundenen zweiten Elementes zu bezeichnen. SO_3 würde also auch $\dddot{S}$ geschrieben werden können. Man hat diese Vereinfachung der Schreibweise gerade für die Sauerstoffverbindungen gewählt, weil dieselben fast überall in Frage stehen und die häufigsten von allen sind.

über, was hier als Thatsache und Untersuchungs-Resultat, was andererseits nur als Hülfsmittel für die Vorstellung zu betrachten ist und uns dünkt, es kann kein Verhältniß klarer und deutlicher sein, als das vorliegende. Unter einem Atom, einem untheilbaren Theilchen, mag sich ein Jeder denken was er will; es kommt nichts darauf an, Niemand hat je ein Atom Sauerstoff oder Kohlenstoff gesehen, es war nur eine Nothwendigkeit für die Vorstellung, sich die einzelnen Elemente als aus kleinsten Theilchen bestehend zu denken und bei der Erforschung der einzelnen Naturkörper auf solche zu recurriren. Thatsache ist es dagegen, daß sich die Elemente immer in ganz bestimmten Proportionen mit einander verbinden, daß in einer jeden Verbindung, in einem jeden Naturkörper diese Proportionen durch die s. g. Elementaranalyse aufzufinden sind; und um sich diese Verhältnisse, diese Proportionen klar zu machen, bedurfte es der Zahlen und Zeichen, für die die Annahme der Atome wieder als natürlichste und einfachste Basis gewählt wurde. Ob man nun das Wasserstoffatom mit der Atomgewichtszahl 1 und das Sauerstoffatom mit 8, oder ob man das letztere, wie es hie und da geschieht, mit 100, und jenes mit 12,5 bezeichnet, ist ganz gleichgültig. Es genügt zu wissen, daß sich die Elemente stets nach den angegebenen Gewichtsverhältnissen oder einem Multiplum derselben verbinden, und daß die chemischen Zeichen nichts anderes sind, als allgemein verständliche Abbreviaturen. Die Anschauung von der Existenz einfacher Atome ging ungezwungen aus der richtigen Erkenntniß der chemischen Verbindungen als ein Resultat des Verstandes hervor. Die Verbindungsweise der Atome unter einander selbst müssen wir aber als eine gesetzlich geregelte anerkennen; die Frage, woher das Gesetz stammt, fällt mit der Frage nach der letzten Ursache der Dinge zusammen.

Schon oben wurde auf die weite Möglichkeit verschiedenartigster chemischer Verbindungen hingewiesen. Binäre, ternäre und quaternäre Verbindungen erster Ordnung gingen Verbindungen zweiter und dritter Ordnung ein. — Die Weite der möglichen chemischen Verbindungen sehen wir jetzt noch um ein Beträchtliches vergrößert, nachdem wir erfahren, daß eine binäre Verbindung nicht nur aus dem Zusammentritt je eines Elementes mit einem aequivalenten Theil je eines andern hervorgeht, sondern je ein Theil eines Elementes sich auch mit je 2, 3, 4 oder 5 Theilchen eines andern Elementes verbinden kann. Es hat sich noch Niemand die Mühe gegeben zu be-

rechnen, wie groß nur die Menge der schon als thatsächlich bekannten Möglichkeiten der chemischen Verbindungen der Elementarstoffe ist; aber darf uns nach der vorstehenden Darlegung der Verbindungsverhältnisse die unendliche Mannigfaltigkeit der Naturkörper noch Wunder nehmen? Und müssen wir nicht, wenn wir wissen, daß die gesammten pflanzlichen und thierischen Organismen aus nur 16 — 18, ja der Hauptmasse nach nur aus 4 — 5 Elementarstoffen bestehen, schon hier über die weiseste Sparsamkeit in den angewandten Mitteln im Haushalte der Natur staunen? — Der Baum mit Blättern, Blüthen und Früchten besteht seinen wesentlichen Bestandtheilen nach aus Zellstoff und dem diesem nahe verwandten Holz- und Korkstoff; der sich in den Zellen der Pflanze bewegende Saft oder die in den Zellen abgelagerten Stoffe bestehen insonderheit aus Wasser, Zucker, Gummi, Harz, Pflanzeneiweiß u. s. w. Alle diese Stoffe aber, ja selbst das Wasser gehen hervor aus verschiedenen Verbindungen von nur 4 Elementen, dem Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Nicht anders im Thier. Sein Fleisch, sein Blut, sein Fett, sein Haar oder Horn, sie alle bestehen im Wesentlichen aus denselben 4 Elementen; nur ein sehr kleiner Bruchtheil derselben wird von unorganischen Verbindungen, die bei dem Verbrennen jener als Asche zurückbleiben, gebildet. Nicht anders ferner mit unsern Nahrungsmitteln, unsern Getränken, unsern Kleidungsstücken; überall haben wir es im Reiche der organischen Verbindungen vorzugsweise mit jenen 4 Elementen zu thun.

Es bedarf wohl keiner weitern Bemerkung, um die weitgreifende Bedeutung der chemischen Forschung sofort aufs Klarste darzuthun, um darzuthun, daß ohne Chemie, ohne Kenntniß der Elementarstoffe und ihrer Verbindungen kein Verständniß des Naturganzen möglich ist. Insonderheit müssen es auch schon die wenigen, so eben gegebenen Andeutungen einleuchtend machen, daß ohne chemische Kenntniß weder das normale, noch das kranke Leben des menschlichen Organismus verstanden werden kann. Dem Arzte, der es immer mit den Elementarstoffen und deren Verbindungen, so wie mit den an denselben zur Erscheinung kommenden s. g. Naturkräften zu thun hat, ist die Chemie eine unentbehrliche Basis des Denkens und Handelns. Das eben erhebt die Chemie zu einem der wichtigsten Zweige der medicinischen Fachstudien, und je mehr es sich als erwiesen betrachten läßt, daß es keine Thätigkeit des menschlichen Organismus, keine Krankheit ohne

irgend welche gleichzeitige Veränderungen seiner Materie giebt, um so mächtiger nur tritt jene Wichtigkeit hervor.

Wir können uns hier nun selbstverständlich nicht so weit mit den einzelnen Elementarstoffen und selbst nur mit den wichtigsten derselben beschäftigen, daß wir ihre verschiedenen Verbindungen mit andern Elementen, die daraus entstehenden neuen Körper, deren Darstellung, Verhalten, Vorkommen in der Natur u. s. w. einer genauern Betrachtung unterziehen. Es ist das die Aufgabe der theoretischen Chemie, die sich einmal nicht in wenige Worte zusammenfassen läßt. Es giebt aber, wie schon angedeutet, Elementarstoffe und Verbindungen derselben, die vor allen andern ihres häufigen Vorkommens halber wichtig sind und über diese muß hier zum Verständniß der spätern Vorträge wenigstens Einiges bemerkt werden.

Unter den unorganischen Verbindungen wollen wir zunächst und vor Allem derjenigen des Sauerstoffs, eines der allerwesentlichsten Elementarstoffe erwähnen. Er ist unter allen einfachen Stoffen in der größten Quantität vorhanden; er bildet wenigstens ⅓ vom Gewicht unserer Erde. Im Wasser sind neben 11 pCt. Wasserstoff 89 pCt. Sauerstoff, in der atmosphärischen Luft neben 77 pCt. Stickstoff 23 pCt. Sauerstoff enthalten; fast in allen Verbindungen, mit welchen wir es späterhin zu thun haben, spielt der Sauerstoff eine Rolle und während andre Elementarstoffe nur mit wenigen andern eine Verbindung eingehen, ist er es, der sich mit den sämmtlichen übrigen verbinden kann.

Der Sauerstoff ist ein farb- und geruchloses Gas. Verbindet er sich mit einem andern Körper, so sagt man von diesem, er sei oxydirt, man nennt die entstandene Verbindung ein Oxyd. So bildet das mit Sauerstoff verbundene Eisen das s. g. Eisenoxyd (Eisenrost); so ist die Schwefelsäure ein Oxyd des Schwefels u. s. w. Auf nichts anderm, als einer Oxydation (Verbindung mit dem Sauerstoff) beruht auch das, was wir „Verbrennung“ nennen; die Verbrennung ist eine mit Wärme- und Licht-Entwickelung vor sich gehende Oxydation. Wenn wir ein Stück Holz, Papier u. s. w. verbrennen, so geht der Sauerstoff der Luft mit den Elementen des Holzes, Papieres u. s. w. eine Verbindung ein, und dieser Verbindungsact ist von Wärme- und Lichtentwickelung begleitet; die Flamme selbst ist nur die Erscheinungsform eines chemischen Vorganges. Unser „Anzünden“ eines zu verbrennenden Gegenstandes bezweckt nichts, als dem letzteren diejenige

Temperatur zu geben, welche er zur Verbindung mit dem Sauerstoff erfordert; die meisten Körper müssen, um sich mit ihm vereinigen zu können, bis zu einem gewissen Grade erhitzt sein. Ist die Oxydation, die Verbrennung aber im Gange, so schwindet der Sauerstoff aus dem Raume, wo der Körper brennt; die Flamme erlischt, sobald der Sauerstoff (Luftzutritt) mangelt. Der Körper dagegen, der sich mit dem Sauerstoff verbunden hat (das Oxyd oder die Verbrennungsproducte) ist um eben so viel schwerer geworden, als er Sauerstoff verzehrt hat. Die Kerze schwindet beim Verbrennen; aber die aus der Verbrennung hervorgehenden Producte: Wasser und Kohlensäure, wiegen so viel schwerer als die Kerze, als diese Sauerstoff zu ihrer Oxydation aus der Luft entnahm.

Die Verbindungen des Sauerstoffs mit andern Körpern, die Oxyde selbst haben aber sehr verschiedene, charakteristische Eigenschaften und zerfallen darnach in 3 Classen: in basische Oxyde oder Basen, in saure Oxyde oder Säuren und in Superoxyde. Die erstern oder Basen werden insonderheit durch Verbindung des Sauerstoffs mit den Metallen, die Säuren vorzugsweise durch die Verbindung desselben mit den Metalloiden gebildet. So stellen die Verbindungen des Sauerstoffs mit Kalium, Natrium, Calcium, Eisen u. s. w. basische Oxyde dar, die wir Kali, Natron, Kalk, Eisenoxyd u. s. w. nennen; so bilden sich andrerseits aus der Verbindung des Sauerstoffs mit Schwefel, Kohle, Phosphor, die Schwefelsäure, Kohlensäure, Phosphorsäure u. s. w. In beiden Fällen, sowohl bei der Bildung von Basen als Säuren kann sich der Sauerstoff mit denselben Elementarstoffen in verschiedenen Verhältnissen verbinden. Auf diese Weise entstehen z. B. aus Eisen und Sauerstoff: Eisenoxyd und s. g. Eisenoxydul;*) aus Schwefel und Sauerstoff: Schwefelsäure (SO_3), Unterschwefelsäure (S_2O_5), schweflige Säure (SO_2); aus Stickstoff und Sauerstoff Salpetersäure (N_2O_5), salpetrige Säure (N_2O_3) u. s. w.**) Die Superoxyde sind weder Basen

*) Wenn sich ein Metall mit dem Sauerstoff in zwei verschiedenen Verhältnissen verbindet, so nennt man die an Sauerstoff reichere Verbindung das Oxyd, und die ärmere das Oxydul des Metalls.

**) Die Bezeichnung S_2O_5, oder N_2O_5, N_2O_3 wählt man, um nicht $SO_2{}^1/_2$ $NO_2{}^1/_2$ $NO_1{}^1/_2$ zu schreiben. Ein solches Doppelatom eines Elements bezeichnet man auch dadurch, daß man es mit einem Strich durchstreicht. N_2O_5 würde also auch $\overset{\cdot\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{N}}$ geschrieben werden können, oder auch $\overset{\cdot\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\bar{N}}}$.

noch Säuren; sie geben in Berührung mit Säuren oder in höherer Temperatur Sauerstoff ab und verwandeln sich dabei in basische Oxyde. So z. B. der Braunstein oder das Mangansuperoxyd, der mit Schwefelsäure erhitzt die Hälfte seines Sauerstoffs als Gas entweichen läßt, sich in Oxydul verwandelt und als solches mit der Schwefelsäure verbindet.

Während diese letzteren unsere Aufmerksamkeit weniger in Anspruch nehmen werden, erfordern die Basen und Säuren eine genauere Kenntniß. Sie sind es, aus deren Verbindung unter einander Verbindungen zweiter Ordnung entstehen, welche wir Salze nennen, und die Mehrzahl der unorganischen Verbindungen, mit welchen wir es fortan zu thun haben werden, wird eben von solchen Salzen gebildet; so u. a. das schwefelsaure Kali, das phosphorsaure Natron, der phosphorsaure Kalk, die phosphorsaure Magnesia, das phosphorsaure Eisenoxyd u. s. w. —

Nur zur leichteren Orientirung mag es dienen, wenn wir noch erwähnen, daß die Oxyde der s. g. leichten Metalle in 3 Klassen zerfallen: in Alkalien, alkalische Erden und eigentliche Erden. Von den Alkalien interessiren uns vorzugsweise das Kali und Natron; von den alkalischen Erden die Kalkerde, Talkerde und Baryterde; von den eigentlichen Erden besonders die Thonerde. Die Alkalien und alkalischen Erden haben einen eigenthümlichen, laugenartigen, ätzenden Geschmack, färben gewisse blaue oder rothe Pflanzenfarben (z. B. den Farbstoff von Veilchen, Rosen u. s. w.) grün und das durch Säure geröthete Lackmus blau. Von einem Körper, der diese letzteren Eigenschaften hat, sagt man, er habe eine alkalische Reaction.

Unter den Säuren werden wir es vorzugsweise mit den höchsten Oxydationsstufen, d. h. denjenigen Verbindungen eines Elementarstoffes mit Sauerstoff, in welchen die größte Menge Sauerstoff enthalten ist, zu thun haben. So unter den Verbindungen des Schwefels mit Sauerstoff vorzugsweise mit der Schwefelsäure (SO_3), unter denen des Phosphors mit Sauerstoff vorzugsweise mit der Phosphorsäure (= 2 At. Phosphor mit 5 At. Sauerstoff = $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}}$), unter denen des Stickstoffs mit dem Sauerstoff vorzugsweise mit der Salpetersäure (= 2 At. Stickstoff mit 5 At. Sauerstoff = $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{N}}$), unter denen des Kohlenstoffs vorzugsweise mit der Kohlensäure (= CO_2). Von letzterer sei jedoch auch schon hier einer zweiten oftmals vorkommenden Verbindung, der Oxalsäure, gedacht, die aus 2 At. C und

3 At. O (C_2O_3) besteht. Die Säuren haben sämmtlich einen sauren Geschmack und färben blaue Pflanzenfarben, wie namentlich das Lackmus, roth. Von einem Stoffe, welcher die letztere Eigenschaft hat, sagt man, er habe eine saure Reaction. — Um diese Reactionsverhältnisse anschaulich zu machen, tauche man ein mit (blauer) Lackmustinctur getränktes Stück Papier in eine Säure, etwa Salpetersäure; das Papier wird sich sofort roth färben; hierauf tauche man das jetzt roth gefärbte Papier in eine Lösung von Kali und es wird sofort die frühere blaue Farbe wieder hervortreten.

Kommen wir jetzt auf die Salze, die Verbindungen einer Säure mit einem basischen Oxyde, zurück, so ist deren Zahl eine unendlich große und viele von ihnen sind im alltäglichen Leben so bekannt, daß wir nur an einzelne zu erinnern brauchen, um ihre Beschaffenheit Jedem klar zu machen. In der wörtlichen Bezeichnung der Salze stellt man den Namen der Säure voran und läßt den der Basis folgen. So besteht z. B. das schwefelsaure Natron aus Schwefelsäure und Natron; es ist dies das unter dem Namen „Glaubersalz" bekannte abführende Arzneimittel; so besteht das kohlensaure Natron aus Kohlensäure und Natron; es ist dies die unter dem Namen der Soda bekannte chemische Verbindung; so besteht ferner das salpetersaure Kali aus Salpetersäure und Kali, eine Verbindung, die Jedem unter dem Namen des Salpeters bekannt ist u. s. w. u. s. w.

Die Form, unter welcher die Salze sowohl in der Natur, als im Handel u. s. w. vorkommen, ist verschieden; bald sind sie crystallisirt, bald nicht crystallisirt (amorph, gestaltlos); keinem von ihnen geht aber wahrscheinlich die Crystallisationsfähigkeit ab.*) Wir müssen es Jedem überlassen, sich über die Crystallisationsverhältnisse weitere Aufklärung zu verschaffen. Die Lehre, welche sich damit beschäftigt, ist die Crystallographie. Professor Carl Schmidt in Dorpat stellte in seinen „krystallonomischen Untersuchungen"

---

*) Was M. J. Schleiden in seinem Werke: „Grundzüge der wissenschaftl. Botanik" Bd. I. 1849 pag. 215 sagt: „Nach meinen vielfältigen und sorgfältigen Beobachtungen glaube ich überhaupt, daß jede unorganische Materie, wenn sie ohne Störung in den festen Zustand übergeht, augenblicklich Crystallform annimmt, die meisten der s. g. pulverigen Niederschläge bestehen aus Crystallen und bei anderen verbietet die relative Kleinheit überhaupt über ihre Form zu sprechen," ist eine bekannte Thatsache.

(1846) den Satz auf, daß, wiewohl wir viele Körper noch nicht im crystallinischen Zustande kennen, insonderheit zusammengesetztere, wie das Eiweiß u. a., es doch nicht unwahrscheinlich sei, daß die Elementartheile Aller kleine Crystalle und zwar Primitivformen der entsprechenden Crystallreihen darstellen. Crystallisirbarkeit, d. h. polare Massenanziehung wäre demnach eine allgemeine Eigenschaft der Materie. Alle Eiweißarten, histologisch geformte (d. h. Gewebe bildende) und ungeformte würden nach ihm als Pseudomorphosen zu betrachten ein, deren constituirende Crystallindividuen kleiner als 1/20000''' sein müssen. Es wird diese Anschauung um so einleuchtender, je weiter wir in der Kenntniß der Crystallbildung selbst fortschreiten, und auch hierin hat C. Schmidt uns um einen bedeutenden Schritt gefördert. Die Crystallbildung ist nicht etwa ein Spiel des Zufalls; sie erfolgt vielmehr nach ganz bestimmten, den Stoff beherrschenden Gesetzen. In den meisten Combinationen chemischer Grundstoffe erkennt die crystallographische Untersuchung ein constantes eigenthümliches Winkelverhältniß, nach welchem der Crystall selbst dann in das crystallographische System eingereiht wird. Die Formen selbst sind zum Theil so charakteristisch, daß aus ihnen mit Sicherheit der Körper selbst erkannt werden kann. Es ist dabei von hohem Interesse, zu wissen, daß der Crystall im Entstehungsmoment nicht immer fertig gebildet erscheint, als stereometrisch definirbare Raumbegränzung; er tritt vielmehr oft in unbestimmter, gestaltloser (amorpher Form) oder in bestimmter sphärischer Form, in der Form einer Kugel, auf, die als Aggregat sehr kleiner, weniger als 1/20000''' im Durchmesser haltender Crystallindividuen angesehen werden kann. Es kommt ferner vor, daß ein Crystall im Entstehungsmoment eine andere Form hat, als im fertigen, ausgebildeten Zustande, wie C. Schmidt es vom salpetersauren Harnstoff nachwies, Verhältnisse, die man unter dem Microscope bei künstlicher Bildung der Crystalle aus möglichst verdünnter Lösung in sehr anschaulicher Weise studiren kann. So läßt sich z. B. das Hervorgehen kleinster, allmählig wachsender schwefelsaurer Kalk- oder Gypscrystalle aus einer scheinbar amorphen Masse sehr hübsch verfolgen, wenn man ein Minimum von kohlensaurem Kalk (Kreide) oder Knochenerde (phosphorsaurem Kalk) mit verdünnter Schwefelsäure unter dem Microscop zusammenbringt. — Auf die Art der Aneinanderlagerung der elementaren Primitivform zu größeren Crystallen hat ferner ohne Frage auch die Temperatur einen hohen Einfluß. Bei höheren Temperatur-

graden scheint die Tendenz zu rechtwinkligen, bei niederen die zu geneigtflächigen Raumbegränzungen vorzuherrschen. Die Crystallisationsverhältnisse des kohlensauren Kalks, der Harnsäure u. s. w. geben Beispiele davon. Wir können hier jedoch nicht näher auf diese Verhältnisse eingehen. Einige leicht nachzuahmende und interessante „Microscopische Beobachtungen über Crystallbildung" hat Dr. Tellkampf in seinen schon oben erwähnten „Physikalischen Studien" mitgetheilt. Für den Arzt ist die Kenntniß der Crystallisationsverhältnisse verschiedener Körper von großer Wichtigkeit, da die Erkenntniß der Krankheiten durch microscopische Untersuchungen der Harnsedimente, des Bluts, der Ernährungsflüssigkeit des Körpers u. s. w. oft auf's Wesentlichste unterstützt wird. Ich selbst habe mich der Darstellung der Gypscrystalle unter dem Microscope mit großem Nutzen bedient, um kleinste, chemisch kaum nachweisbare Mengen von phosphorsaurem Kalk in kleinen Mengen von krankhaften Ausschwitzungen oder Entzündungsproducten nachzuweisen. Bei dem Studium der materiellen Substrate niederster Thierformen dürfte vielleicht ein weiterer Verfolg dieser Beobachtungen von einigem Nutzen sein, da sich hier der chemischen Analyse oft unübersteigliche Schwierigkeiten entgegenstellen.

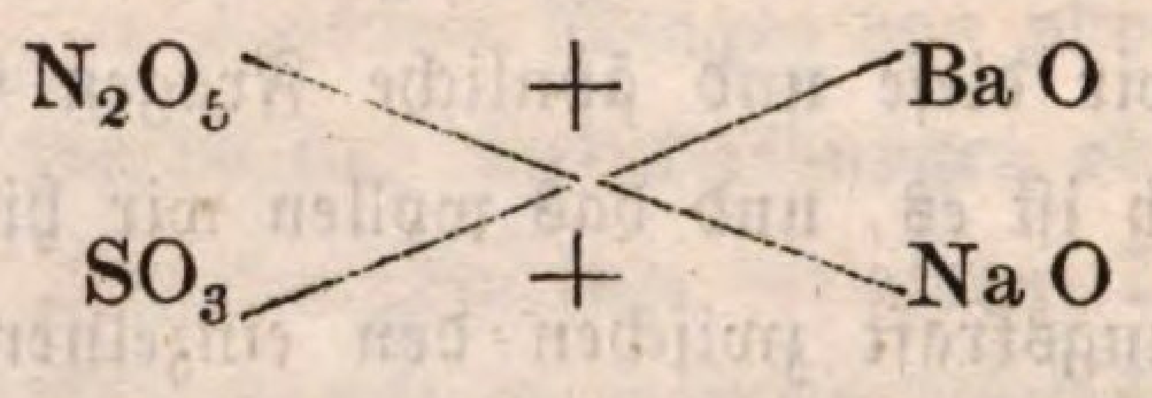
Kehren wir zum Sauerstoff zurück. Noch einer der wichtigsten Verbindungen desselben haben wir zu gedenken, des W a s s e r s nämlich, das genau aus 2 Volumtheilen Wasserstoff und 1 Volumtheil Sauerstoff besteht. Die Vereinigung dieser beiden Gase zu Wasser geht nur bei Glühhitze oder durch den electrischen Funken vor sich; nur im Contact mit schwammigem Platin erfolgt die Vereinigung schon bei gewöhnlicher Temperatur, ein Umstand, den man bekanntlich bei den s. g. Zündmaschinen in Anwendung gebracht hat. Vielleicht erfolgt auch im thierischen Organismus durch directe Vereinigung beider Gase eine Wasserbildung; der aus zusammengesetzten, organischen Verbindungen bei deren allmähliger Metamorphose ausgeschiedene Wasserstoff verbindet sich, wie es scheint, direct mit dem Sauerstoff der eingeathmeten Luft. Inwiefern die thierische Electricität, sowie die concurrirenden chemischen Vorgänge darauf einen Einfluß ausüben, wollen wir dahingestellt sein lassen.

Das Wesentlichste des so eben Erörterten wäre also das, daß der Sauerstoff mit anderen Metalloiden sowohl, als mit den Metallen Verbindungen und zwar in den verschiedensten Verhältnissen eingeht, daß er

mit jenen vorzugsweise Säuren, mit diesen vorzugsweise basische Oxyde bildet, daß Säuren und Basen sich wieder zu Salzen vereinigen, daß es aber auch Verbindungen des Sauerstoffs mit anderen Elementen giebt, die weder Basen noch Säuren sind, wie das Wasser und die Superoxyde.

Wie für alle anderen chemischen Verbindungen, so kennen wir auch für die Sauerstoffverbindungen nicht das letzte ursächliche Moment. Giebt man die chemische Verwandtschaft oder die Affinität der Elemente als Ursache an, so ist damit selbstverständlich keine Erklärung, sondern nur die Bezeichnung eines gesetzlichen Naturprocesses gegeben. Ist dieselbe in der That vielleicht identisch mit der elektrischen Anziehungskraft, wie man aus dem Umstande folgerte, daß je zwei Elementarstoffe, mit einander in Berührung gebracht, entgegengesetzt elektrisch werden? Lassen wir diese und ähnliche Fragen für jetzt auf sich beruhen. Thatsächlich ist es, und das wollen wir hier hervorheben, daß eine solche Anziehungskraft zwischen den einzelnen Elementen existirt, daß ferner diese s. g. Affinität zwischen verschiedenen Elementen und Verbindungen von sehr verschiedener Stärke ist und daß sich z. B. der Sauerstoff durch eine insonderheit starke Affinität zu vielen anderen Elementarstoffen auszeichnet. Eben auf dieser größeren oder geringeren Affinität beruht auch dasjenige, was wir die Wahlverwandtschaften der Elementarstoffe oder deren Verbindungen nennen. Diese treten hervor, sobald man mehre Elemente oder Verbindungen zusammenbringt und äußern sich darin, daß sich ein jedes Element oder eine jede Verbindung zunächst mit demjenigen Elemente oder derjenigen Verbindung verbindet, zu welcher sie, wie man sagt, die größte Affinität oder Verwandtschaft besitzt. Bringt man z. B. Quecksilber, Eisen und Schwefel zusammen, so verbindet sich der Schwefel mit dem Eisen und nicht mit dem Quecksilber, weil er zu jenem eine größere Affinität besitzt, als zu diesem. Diese Wahlverwandtschaft der Stoffe ist so stark, daß wenn wir einer Verbindung zweiter Ordnung eine Verbindung nähern, welche zu dem einen Constituens jener eine stärkere Verwandtschaft besitzt, als das demselben bereits verbundene, dieses letztere sofort ausgeschieden wird. Wenn man z. B. kohlensauren Kalk mit Schwefelsäure in Verbindung bringt, so verbindet sich die Schwefelsäure sofort mit dem

Kalk zu schwefelsaurem Kalk oder Gyps und die Kohlensäure der erstern Verbindung wird ausgetrieben oder entweicht. Bringt man ebenso Weinsteinsäure mit kohlensaurem Kali in Wasser zusammen, so verbindet die erstere sich sofort mit dem Kali der letztern Verbindung und die Kohlensäure entweicht unter dem bekannten Brausen, welches der Mischung jener beiden Stoffe den Namen des Brausepulvers gegeben hat. Auf denselben Verhältnissen beruht es, daß oftmals, wenn eine Verbindung zweiter Ordnung mit einer andern Verbindung zweiter Ordnung in Berührung gebracht wird, die dieselben constituirenden binären Verbindungen sich gegenseitig austauschen, ihren Platz wechseln; so z. B. bilden schwefelsaures Natron und salpetersaures Baryt schwefelsauren Baryt und salpetersaures Natron:



Auf der Kenntniß dieser Wahlverwandtschaften beruht insonderheit die Kunst der chemischen Analyse, indem sie ein Mittel an die Hand giebt, mittelst dessen man die Gegenwart eines Elementes oder einer Verbindung in einer zusammengesetzten Verbindung von Stoffen nachweisen, jene daraus abscheiden und so selbst der Menge nach bestimmen kann. Wollten wir, um nur ein Beispiel unter vielen zu wählen, bestimmen, wie viel Schwefelsäure in einer beliebigen Quantität schwefelsauren Natrons enthalten sei, so würden wir dasselbe zunächst in Wasser auflösen, damit eine klare Flüssigkeit erhalten und nun eine Lösung von salpetersaurem Baryt zusetzen. Sofort würde sich die sämmtliche Schwefelsäure des aufgelösten schwefelsauren Natron mit dem Baryt des salpetersauren Baryt verbinden; und während das salpetersaure Natron aufgelöst bliebe, würde sich der schwefelsaure Baryt als dicker weißer, unlöslicher Niederschlag absetzen; diesen können wir dann durch Filtration des Ganzen von der Flüssigkeit trennen, auf dem Filtrum trocknen, auf der Wage dem Gewichte nach bestimmen und da man genau weiß, wie viel Schwefelsäure eine gewisse Quantität von schwefelsaurem Baryt enthält, so würden wir sofort auch berechnen können, wie viel Schwefelsäure überhaupt in dem schwefelsauren Natron vorhanden war.

Die Kenntniß der Wahlverwandtschaften oder der wechselseitigen Zusetzungen zwischen der einzelnen chemischen Verbindungen ist darnach selbstverständlich für den Chemiker von der größten Bedeutung und wir werden in den folgenden Vorträgen erfahren, daß ihr Spiel nicht nur für die Entstehung unseres Erdkörpers und der jetzigen Erdoberfläche, sondern auch für die Lebens- und Bildungsprocesse im Thier- und Pflanzenreich von der höchsten Bedeutung war und ist.

Von allen übrigen unorganischen Verbindungen der Elementarstoffe bedarf es hier nur noch der Erwähnung Einzelner. Am wichtigsten sind vielleicht die des Wasserstoffs, der, ähnlich wie der Sauerstoff, aber in viel beschränkterem Maße, die Eigenschaft hat, sich mit anderen Elementen zu Körpern zu verbinden, die einerseits wieder den Charakter der Säuren, andererseits den Charakter der Basen tragen. So bildet der Wasserstoff mit den Elementen Jod, Brom und Chlor Säuren, die man den obigen Sauerstoffsäuren gegenüber Wasserstoffsäuren nennt. Unter diesen ist die Chlorwasserstoffsäure oder Salzsäure die wichtigste für uns; wir bezeichnen sie mit HCl; sie ist es, die mit dem basischen Oxyd Natron verbunden das so wichtige Kochsalz oder Chlornatrium bildet. Andererseits tritt der Wasserstoff mit dem Elemente Stickstoff zusammen und bildet mit ihm die wichtige Basis Ammoniak $= NH_3$, die sich in der That ebenso mit Säuren zu Salzen verbindet, wie die basischen Oxyde der einfachen Elemente. An und für sich ist dies Ammoniak ein flüchtiger gasförmiger Körper von scharfem Geruch; er entsteht bei allen Fäulnißprocessen stickstoffhaltiger organischer Körper, bildet einen kleinen Bestandtheil der Luft u. s. w. und ist deshalb für unsere späteren Betrachtungen von großer Wichtigkeit.

Aehnlich endlich wie Sauerstoff und Wasserstoff tritt noch der Schwefel mit einigen einfachen Elementen zu wichtigen unorganischen Verbindungen zusammen. Mit Wasserstoff, Kohlenstoff, Arsenik und Antimon bildet er die s. g. Sulfide, mit einigen Metallen die s. g. Schwefelmetalle. Wir wollen von diesen Verbindungen nur des Wasserstoffsulfids oder Schwefelwasserstoffs $= HS$ und des Schwefeleisens gedenken; jenes kann die Rolle einer Säure, dies die einer Basis spielen.

Weiter auf die unorganischen Verbindungen einzugehen liegt außer dem Plane dieses Vortrages. Es bleibt uns übrig, die organischen Verbindungen, deren große Mehrzahl aus 3 oder 4 einfachen Elementarstoffen besteht, und deren ausschließliches natürliches Vorkommen im Thier- und Pflanzenreich schon oben erwähnt wurde, einer nähern Betrachtung zu unterziehen.

Ueberblicken wir die ganze unendlich lange Reihe derselben, so lassen sie sich in 3 Classen eintheilen: in Säuren, in Basen und in indifferente Stoffe. Die Säuren und Basen haben ähnliche Eigenschaften, wie die anorganischen; beide verbinden sich auch zu Salzen und erzeugen dadurch neue Körper; die indifferenten Stoffe sind dagegen solche, die weder die Eigenschaften einer Säure, noch die einer Basis haben, und deshalb eben „indifferent" genannt werden.

Zu den organischen Säuren gehören insonderheit alle Pflanzensäuren, wie z. B. die Citronensäure ($=C_{12}H_{10}O_{11}$), die Aepfelsäure ($= C_{12}H_{12}O_{12}$), die Weinsäure ($= C_8H_4O_{10}$) u. s. w.; dieselben sind in der Mehrzahl stickstofffrei. Aber es giebt auch stickstoffhaltige Säuren, wie z. B. die im Thierkörper gebildete und den Hauptbestandtheil des bekannten Guano ausmachende Harnsäure, die aus einer bestimmten Anzahl von Atomen CHON besteht ($= C_{10}H_4N_4O_6$). —

Als Beispiele der organischen Basen wollen wir des Chinins ($C_{20}H_{12}NO_2$), des Morphins ($C_{34}H_{19}NO_6$) und des Harnstoffs ($C_2H_4N_2O_2$) erwähnen. Alle diese s. g. vegetabilischen Salzbasen enthalten Stickstoff; die meisten von ihnen sind crystallisirbar; sie sind meistens bitter schmeckend, reagiren alkalisch und machen den wirksamsten Bestandtheil solcher Pflanzen aus, die durch ihre Giftigkeit oder Heilkräfte ausgezeichnet sind. So ist das Chinin die Salzbase (das Alkaloid) der Chinarinde, so das Morphin die Salzbase des Opium, so das Atropin die Salzbasis der Belladonna, das Digitalin der Digitalis u. s. w. —

Zu den indifferenten Stoffen gehören solche, welche weder saure noch basische Eigenschaften besitzen; so z. B. das Pflanzeneiweiß, der Pflanzenleim, das Gummi, das Stärkemehl, der Zucker, u. s. w. Auch die Fette, wie das Stearin, Margarin, Elaïn, Palmöl u. s. w. hat man hierher gezählt. Allein die chemischen Forschungen

haben ergeben, daß die Fette als salzähnliche Verbindungen zu betrachten sind, deren gemeinschaftlicher Paarling das s. g. Lipyloxyd ($= C_6 H_4 O_2$), (eine Verbindung, welche bei der Trennung von der Säure die Elemente von 3 At. Wasser aufnimmt und als Glycerin $= C_6 H_7 O_5$ zum Vorschein kommt), deren Säure aber in jedem einzelnen Fette verschieden ist. So ist das Stearin nichts anderes als eine Verbindung des Lipyloxyds mit Stearinsäure zu stearinsaurem Lipyloxyd, so das Margarin eine Verbindung des Lipyloxyds mit Margarinsäure, so das Palmöl eine Verbindung des Lipyloxyds mit Palmitinsäure. Das Stearin macht den Hauptbestandtheil der Talgarten des Thierreichs aus, das elaïnsaure Lipyloxyd oder Elaïn ist Hauptbestandtheil unseres Baum-, Mandel- und Rüböls, so wie auch der Thranarten. — Durch Einwirkung starker Salzbasen und namentlich des Kali und Natron kann man die Fette in ihre Säure und Glycerin zerlegen. Diese Basen verbinden sich dann mit der Säure des Fettes und bilden mit ihm Seife. — Die weiße, harte Seife enthält Natron, verbunden mit Stearinsäure oder Margarinsäure; die weiche oder grüne Seife enthält Kali, verbunden mit Elaïn- oder Oelsäure. — Die flüchtigen Oele, welche den Pflanzen oder Blumen ihren Duft verleihen, bestehen entweder nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff, so z. B. das Terpenthinöl ($C_{20} H_{16}$), oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, sie sind als Oxyde einer Kohlenwasserstoffverbindung zu betrachten, so z. B. der Kampher ($C_{20} H_{16} O_2$) das Zimmtöl ($C_{20} H_{11} O_2$), u. s. w. —

Schon die Bezeichnung der wenigen angeführten Stoffe wird es klar machen, daß wir es hier stets mit sehr zusammengesetzten Stoffen zu thun haben. Die Elementarstoffe treten nicht in einfachen Atom-Verhältnissen zur Bildung der mannigfachen organischen Verbindungen zusammen, nach unserer bisherigen Anschauungsweise tritt vielmehr in jede Verbindung eine größere Anzahl von Atomen jedes einzelnen Elementes ein. So besteht z. B. die Citronensäure aus 12 Atomen Kohlenstoff, 10 Atomen Wasserstoff und 11 Atomen Sauerstoff; so bestehen hundert Theile Eiweiß des Blutes nach Mulders Analyse aus 53,5 Theilen Kohlenstoff, 7 Theilen Wasserstoff, 15,5 Theilen Stickstoff, 22 Theilen Sauerstoff, und 1,6 Theilen Schwefel. Die Schwierigkeit des richtigen Verständnisses der Constitution dieser Verbindungen wird noch erhöht, wenn wir bedenken, daß man gewisse

Körper kennt, die den Untersuchungen zufolge eine durchaus gleiche (isomere) elementare Zusammensetzung haben, aber in ihrem äußeren Verhalten, Form, Geschmack, Farbe 2c. äußerst verschieden sind. So besteht z. B. der Rohrzucker aus $C_{12} H_{11} O_{11}$; das Gummi ist ganz ebenso zusammengesetzt, beide Körper sind aber bekannter Maaßen doch sehr verschieden, und damit, daß man sagt, die Atome haben in beiden Verbindungen eine verschiedene Anordnung ihrer Lagerung, ist im Wesentlichen wenig erklärt. — Der Tag scheint jedoch nicht mehr fern zu liegen, wo die unablässigen Bemühungen unserer tüchtigsten Chemiker, unter denen ich nur die Namen eines Liebig, Wöhler, Hoffmann, Strecker, Kolbe, Will nennen will, ein größeres Licht über die Bildungsverhältnisse der organischen Verbindungen verbreiten werden, wo sich der schon von Berzelius mit Bestimmtheit hervorgehobene und von Liebig weiter entwickelte Satz bewahrheitet, daß die organische Chemie eine Chemie der zusammengesetzten Radicale sei. — A priori dürfen wir mit vollstem Rechte vermuthen, daß, wie alles Geschehen in der Natur, so auch die Bildung der organischen Verbindungen in strengster Weise gesetzlich geregelt ist; daß die Elemente zur Herstellung dieser Verbindungen nicht von Ungefähr zusammenfliegen; so schwierig bis dahin auch noch immer die Erklärung der Genesis oder der Constitution derselben ist und scheint, die Zeit liegt sicher nicht allzufern, wo sich die große Menge dieser scheinbar sehr verwickelten chemischen Bildungsverhältnisse in eine einfache Reihe bestimmter, klarer gesetzmäßiger Vorgänge auflöst. Diesem Ziele gelten heutigen Tages, wie schon oben erwähnt, die Bemühungen unserer größten Chemiker. —

Der einzuschlagende und Gewinn versprechende Weg wird mehr und mehr mit Sicherheit erkannt; der so eben erwähnte Ausdruck: die organische Chemie ist die Chemie der zusammengesetzten Radicale, zeichnet selbst diesen Weg vor. Was aber ist darunter zu verstehen? In Kürze nur Folgendes darüber.

Die Schwefelsäure besteht aus Schwefel und Sauerstoff; das Kali aus Kalium und Sauerstoff; in jener Verbindung nennt man den Schwefel, hier das Kalium das Radical der Sauerstoffverbindung; dies Radical wird also von einem einfachen Elemente, dort von S, hier von Ka gebildet. — Ganz ähnlich nun scheint die Constitution der organischen

Verbindungen von der Art zu sein, daß sich in ihnen allemal ein Radical befindet, das sich mit einem einfachen Elemente oder einem zusammengesetzten Körper verbunden hat, nur mit dem Unterschiede, daß hier das Radical nicht von einem einfachen Elemente, sondern von einem zusammengesetzten Körper gebildet wird, also ein zusammengesetztes Radical darstellt. Bemerkenswerth ist dabei, daß sich dieses zusammengesetzte Radical dann ganz ähnlich wie einfaches Radical zu verhalten scheint, und gleich einem solchen, Verbindungen mit andern Körpern eingeht. Das von Schödler in seinem trefflichen „Buch der Natur" gewählte Beispiel wird das Verhältniß klarer machen, als alle Worte.

Durch die chemische Einwirkung verschiedener Körper auf Weingeist gelingt es, eine ganze Reihe von Verbindungen zu erhalten, deren Zusammensetzungen eine merkwürdige Beziehung sowohl unter einander, als auch auf die des Weingeistes haben, aus dem sie hervorgegangen sind. Von diesen Verbindungen nennen wir folgende:

1. Weingeist $= C_4 H_6 O_2$
2. Aether $= C_4 H_5 O$
3. Salzäther $= C_4 H_5 Cl$
4. Bromäther $= C_4 H_5 Br_2$
5. Jodäther $= C_4 H_5 J$.
6. Schwefeläthyl $= C_4 H_5 S$.
7. Kohlensaurer Aether $= C_4 H_5 CO_2$.
8. Oxaläther $= C_4 H_5 C_2 O_3$
9. Salpeteräther $= C_4 H_5 N_2 O_3$.

„Es muß Jedem auffallen," sagt Schödler, „daß die Anzahl der Kohlen- und Wasserstoffatome in allen diesen Verbindungen dieselbe ist, nämlich $= C_4 H_5$, mit alleiniger Ausnahme des Weingeistes. Dies führte zu der Annahme, daß in allen genannten Körpern eine Verbindung $= C_4 H_5$ enthalten sei, welche in ihrem Verhalten die größte Uebereinstimmung mit einem einfachen Körper zeigt. Man hat dieselbe deshalb als das Radikal jener Reihe angesehen und ihr den Namen: Aethyl und das Zeichen Ae gegeben. Wir wollen nun die obige Reihe von Verbindungen noch einmal betrachten, wie sie unter diesem Gesichtspunkte sich darstellt und zur Vergleichung eine entsprechende Verbindungsweise eines einfachen Körpers, das Kalium, daneben anführen."

Zusammengesetztes Radical:	Einfaches Radical:
C_4H_5 = Ae = Aethyl	Ka = Kalium.
Ae + O = Aether (Aethyloxyd)	Ka + O = + Kali (Kaliumoxyd)
Ae + Cl = Chloräthyl (Salzäther)	Ka + Cl = Chlorkalium
Ae + J = Jodäthyl (Jodäther)	Ka + J = Jodkalium
Ae + Br = Bromäthyl (Bromäther)	Ka + Br = Bromkalium
Ae + S = Schwefeläthyl	Ka + S = Schwefelkalium.
Ae O + HO = Aethyloxydhydrat (Weingeist)	KaO + HO = Kaliumoxydhydrat (Aetzkali)
Ae O + CO_2 = Kohlensaures Aethyloxyd)	KaO + CO_2 = Kohlensaures Kali (Pottasche)
Ae O + C_2O_3 = Oxalsaures Aethyloxyd)	KaO + C_2O_3 = Oxalsaures Kali (Kleesalz)
Ae O + N_2O_3 = Salpetrigsaures Aethyloxyd.	KaO + N_2O_3 = Salpetrigsaures Kali.

Ganz ähnliche Verhältnisse haben sich schon in andern Verbindungsreihen nachweisen lassen; so hat man z. B. für die Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure und Baldriansäure, die Oxalsäure = C_2O_3 als deren gemeinschaftliches Radical angenommen.

Die Ameisensäure ist zusammengesetzt aus C_2O_3H
Die Essigsäure " " " $C_4O_3H_3$
Die Buttersäure " " " $C_8O_3H_7$
Die Baldriansäure " " " $C_{10}O_3H_9$

Denkt man sich von diesen Körpern deren gemeinsames Radical = C_2O_3 getrennt, so bleibt ein einfaches Element oder ein zusammengesetzter (basischer) Körper übrig, die sich mit der Oxalsäure zu den genannten Säuren vereinigt hatten. So können wir betrachten:

Die Ameisensäure als zusammengesetzt aus $H + C_2O_3$
Die Essigsäure " " " $C_2H_3 + C_2O_3$
Die Buttersäure " " " $C_6H_7 + C_2O_3$
Die Baldriansäure " " " $C_8H_9 + C_2O_3$

Die Verbindung C_2H_3 bildet aber einen Körper, den wir Methyl nennen und die Essigsäure kann darnach als Methyloxalsäure betrachtet werden; die Verbindung C_6H_7 bildet einen andern Körper, den wir Metäthyl nennen und wir können darnach die Buttersäure als Metäthyloxalsäure bezeichnen; die Verbindung C_8H_9 kommt endlich ebenfalls als ein Körper für sich unter dem Namen Valyl vor

und man kann darnach die Baldriansäure auch als Valyloralsäure betrachten. —

Es wurde oben des Ammoniaks erwähnt; seine Formel war NH_3. Denken wir uns diese Formel zerlegt in

$$N \begin{matrix} H \\ H \\ H \end{matrix}$$

so erhalten wir damit ein Schema, nach dem ebenfalls ohne Zweifel eine Menge organischer Verbindungen, insbesondere die stickstoffhaltigen Pflanzenbasen: Morphin, Chinin, Strychnin u. s. w. aufgebaut sind. Den Nachweis dieses interessanten Verhältnisses danken wir vornämlich den unermüdlichen Bemühungen unseres Landsmannes, des Professor W. Hoffmann in London. Seine Forschungen thaten bis zur Evidenz dar, daß die meisten flüchtigen Alkaloide oder organischen Basen ähnlich dem Ammoniak zusammengesetzt sind und sich nur dadurch von demselben unterscheiden, daß die in ihm vorhandenen einfachen Wasserstoffatome durch zusammengesetzte Verbindungen vertreten sind. Während das eine Atom Stickstoff (N) in allen constant bleibt, sind von den Wasserstoffatomen bald eins, bald zwei, bald alle drei durch zusammengesetzte Verbindungen vertreten. Wir erhalten so, wenn wir die einzelnen H Atome durch zusammengesetzte Verbindungen, die wir kurz einmal X, Y und Z nennen wollen, vertreten sein lassen, folgende Verbindungen mit den ihnen von Hoffmann beigelegten Namen:

$N \left.\begin{matrix} H \\ H \\ X \end{matrix}\right\}$ = die s. g. Amidogen-Basen (z. B. das Aethylamin = $N \left.\begin{matrix} H \\ H \\ C_4H_5 \end{matrix}\right\}$

$N \left.\begin{matrix} H \\ Y \\ X \end{matrix}\right\}$ = die s. g. Imidogen-Basen,

$N \left.\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}\right\}$ = die s. g. Nitril-Basen.

Es ist höchst wahrscheinlich, daß das schon oft erwähnte Chinin ($C_{20}H_{12}NO_2$), ebenso wie das Morphin ($C_{34}H_{19}NO_6$) solche Nitril-Basen sind, in denen also dort die Verbindung $C_{20}H_{12}O_2$, und hier die Verbindung $C_{58}H_{20}O_6$ sich in 3 einfachere Verbindungen zerlegen lassen würde, daß N aber stets als solches enthalten wäre. —

Die Mittheilung dieser wenigen Beispiele mag genügen, um zu zeigen, auf welchem Wege man in der Erkenntniß der Constitution der organischen Verbindungen begriffen, zu welchen Anschauungen man bereits gelangt ist. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß man mit der Zeit für alle zusammengehörige Gruppen organischer Verbindungen bestimmte zusammengesetzte Radicale auffindet, und dadurch die Verbindungen selbst ähnlich in einzelne constituirende Theile (Verbindungen) zerlegen oder spalten lernt, wie die unorganische Chemie die Schwefelsäure in Schwefel und Sauerstoff, das Kali in Kalium und Sauerstoff, das Glaubersalz in Schwefelsäure und Natron u. s. w. zerlegt. Wir dürfen und müssen diese Hoffnung auch in Betreff derjenigen Verbindungen hegen, die eben für die Physiologie des thierischen Organismus von der größten Bedeutung sind und über deren Constitution wir bis dahin noch aller nähern Kenntniß baar sind; so in Betreff des Eiweißes und Faserstoffs im Blute, des Harnstoffs und der Harnsäure, des Zuckers, Stärkemehls und Gummis, mancher Pflanzensäure u. s. w.*) Mit der fortschreitenden Erkenntniß der Constitution dieser Körper wird dann auch die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit näher gerückt, dieselben künstlich und ohne Beihülfe eines thierischen oder pflanzlichen Organismus darzustellen, wie es bereits mit mehren Verbindungen gelungen ist; so stellte Wöhler, wie schon oben erwähnt, den Harnstoff aus Cyansäure und Ammoniumoxyd, Strecker die Milchsäure aus Aldehyd und Blausäure, Taurin, einen Bestandtheil der Galle, aus isäthionsaurem Ammoniak dar. Und damit erhalten wir endlich auch nicht nur von Neuem den längst gelieferten inductiven Beweis, daß wir es in der organischen sowohl, als unorganischen Natur stets mit denselben Elementarstoffen zu thun haben, sondern daß auch überall dieselben Naturkräfte wirksam sind, daß es keiner besondern, eigenthümlichen

---

*) Als eine Eigenschaft aller organischen Verbindungen ist es zu betrachten, daß sie sämmtlich Kohlenstoff enthalten; daß dieser Kohlenstoff überall in den organischen Verbindungen als Doppelatom vorkomme, wurde kürzlich noch wieder von Will (Zur Theorie der Constitution der organischen Verbindungen von H. Will, in Liebig und Wöhler's Annalen. Bd. 91. Heft 3.) hervorgehoben. Aehnlicher Verhältnisse und Gesetze werden sicherlich bald mehre gefunden werden.

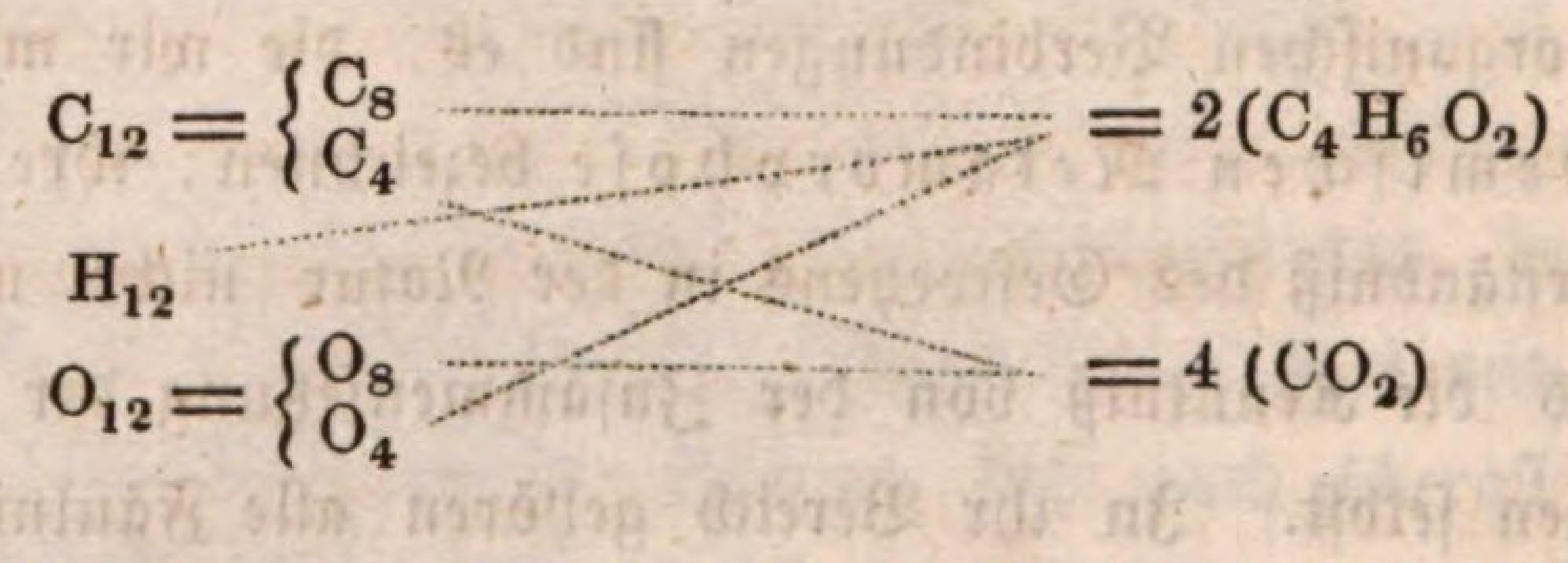
Lebenskräfte der Pflanze oder des Thieres bedarf, um jene complexen organischen Verbindungen zu erzeugen. Wir dürfen es dreist aussprechen, daß nach den bisherigen Ergebnissen der chemischen Forschung die Zeit nicht fern liegen kann, wo es gelingen wird, das Chinin oder Morphium künstlich darzustellen, wo wir eine unser Jahrhundert ehrende und thatsächlich als richtig erkannte Einsicht in die wunderbaren Werkstätten des Schöpfers erlangen.

Die sehr complicirte Zusammensetzung der organischen Verbindungen hat aber noch eine sehr wichtige Eigenschaft derselben in ihrem Gefolge. Die einfachsten Verbindungen von Elementarstoffen, denen wir im Reiche der unorganisirten Körper begegnen, besitzen im Allgemeinen eine große Dauerhaftigkeit, eine bedeutende Widerstandsfähigkeit gegen äußere Agentien. Jahrzehnde und Jahrhunderte sind für die Verwitterung von Steinmassen erforderlich und manche Verbindung vermögen wir auch bei Anwendung der uns zu Gebote stehenden stärksten Naturkräfte, wie der Electricität, der Wärme u. s. w. kaum zu zerlegen. Die organischen Verbindungen dagegen unterliegen, und je zusammengesetzter sie sind, desto leichter, überall in kurzer Zeit entweder einem Zerfall, einer Spaltung in einfachere Verbindungen, um endlich als solche in das Reich der unorganischen Stoffe zurückzukehren, oder doch einer schon durch äußere Merkmale sichtbaren Veränderung, die bald von dieser, bald von jener Ursache abhängig ist. Dieser Zerfall oder diese Veränderung der organischen Verbindungen sind es, die wir mit dem Ausdruck der chemischen Metamorphose bezeichnen; ihre Kenntniß ist für das Verständniß des Geschehens in der Natur nicht minder nothwendig, als die Kenntniß von der Zusammensetzung der verschiedenen Verbindungen selbst. In ihr Bereich gehören alle Fäulniß- und Verwesungsprocesse, die Umwandlungen der Nahrungsmittel der Thiere innerhalb des thierischen Organismus, alle Gährungsprocesse u. s. w., genug schon, um die Wichtigkeit der Kenntniß derselben in vollem Maaße begreiflich erscheinen zu lassen.

Auch von diesen Metamorphosen wird sich durch einige Beispiele leichter einige richtige Vorstellung gewinnen lassen, als durch viele Worte; wir wollen die bei der Brodbereitung in Frage kommenden chemischen Verhältnisse des Stärkemehls wählen, um uns an ihnen klar

zu machen, was man unter einer chemischen Metamorphose zu verstehen hat.

Zunächst wissen wir, durch leicht anzustellende Versuche, daß bei der Brodbereitung und zwar in Folge des Hefezusatzes (oder Sauerteigs) ein Theil des im Mehl enthaltenen Stärkemehls in Traubenzucker umgewandelt wird. Das Stärkemehl besteht aber aus $C_{12} H_{10} O_{10}$, der Traubenzucker dagegen aus $C_{12} H_{12} O_{12}$; die Verbindung des Stärkemehls hat also bei diesem Vorgange 2 At. Wasser = 2 (HO) aufgenommen; das Ferment (Hefe oder Sauerteig), welches auf das Stärkemehl einwirkte, bedingte die chemische Metamorphose, für deren letzten Grund uns freilich bis dahin jede Erklärung mangelt. Ganz ähnlich verhält es sich bei der Umwandlung des Stärkemehls in Traubenzucker durch den menschlichen Speichel; durch diesen vermögen wir augenblicklich das erstere in letztere umzuwandeln, er wirkt darauf wie ein Ferment. — Einmal entstanden bleibt nun aber der Zucker als solcher nicht im Brode; er erleidet vielmehr noch eine weitere Veränderung, die wir ebenfalls als Folge der Einwirkung des Fermentes betrachten müssen. Er spaltet sich jetzt nämlich in Kohlensäure und Alkohol; die Kohlensäure bewirkt das sogenannte Aufgehen des Brodes, der Alkohol entweicht in die Luft. Machen wir uns diesen Vorgang durch die Formeln der einzelnen Stoffe deutlich, so erhalten wir folgendes Schema:



$2 (C_4 H_6 O_2)$ bedeutet aber 2 Theile Alkohol und $4 (CO_2)$ heißt 4 Theile Kohlensäure. 1 Theil Traubenzucker zerfiel also geradeauf in 2 Theile Alkohol und 4 Theile Kohlensäure. Es ist kein neues Atom in die Verbindung eingetreten, kein Atom aus derselben ausgetreten und doch haben wir statt derselben zwei ganz differente Stoffe! Es giebt dies Beispiel wohl einen hinlänglichen Begriff davon, was unter einer chemischen Metamorphose zu verstehen ist. Dieselbe Umwandlung, welche der Zucker hier erleidet, erleidet er auch bei der Bier-,

Weingährung u. s. w.; und daß in diesen, sobald sie einer geeigneten Temperatur ausgesetzt werden, der Alkohol in den sogenannten Aldehyd und weiterhin in Essigsäure umgewandelt wird, beruht wieder auf einer ähnlichen Metamorphose; das bekannte Sauerwerden des Weins, Biers u. s. w. in der Wärme bei Luftzutritt ist eben durch diese Umwandlung des Alkohols bedingt. *)

Das Stärkemehl verwandelt sich also in den gewählten Beispielen in Traubenzucker, der Traubenzucker zerfällt in Kohlensäure und Alkohol; der Alkohol zerfällt wieder in Aldehyd und Wasser, aus dem Aldehyd geht wieder Essigsäure hervor. Wollten wir die Metamorphosen der Essigsäure, wie sie im thierischen Organismus ohne Frage Statt haben, noch weiter verfolgen, so würden wir als endliches Resultat Kohlensäure und Wasser bekommen, die als solche in das Reich der unorganischen Verbindungen gehören. — Kohlensäure und Wasser sind das endliche Resultat aller Metamorphosen, welche die stickstofffreien organischen Verbindungen erfahren; Kohlensäure, Wasser und Ammoniak das Resultat derjenigen Metamorphosen, welchen die stickstoffhaltigen organischen Verbindungen unterliegen.

Wir kennen nun zwar eine Menge von Zersetzungsproducten der stickstofffreien und stickstoffhaltigen organischen Verbindungen außerhalb des pflanzlichen oder thierischen Organismus; wir wissen auch mit Bestimmtheit, daß jene Verbindungen in dem letztern ständig solche Zersetzungen erleiden; daß die stickstoffhaltigen (eiweißartigen) Verbindungen, die wir als Nahrung in den Körper einführen und die in diesem zu Bestandtheilen desselben werden, zum größten Theil zu

---

*) Schematisch würde sich dieser letztgenannte Vorgang folgendermaaßen darstellen lassen:

Alkohol = $C_4H_6O_2$ = $\begin{cases} C_4H_4O_2 \text{ ---------- } = \text{Aldehyd} \\ H_2 \text{ ---------- } = \text{Wasser} \end{cases}$

2 At. Sauerstoff O_2 =

Aldehyd $C_4H_4O_2$ ---------- = Essigs. u. Wasser $C_4H_3O_3 + HO$

2 At. Sauerstoff

Bei diesen Metamorphosen treten also je 2 At. Sauerstoff in die Verbindungen des Alkohol und des Aldehyd ein.

Harnstoff, die stickstofffreien zu Kohlensäure und Wasser umgewandelt werden; allein wir kennen, namentlich in ersterm Falle, noch nicht genau die ganze Reihenfolge von Metamorphosen, welchen die einzelnen organischen Verbindungen unterliegen; wir haben keine Einsicht in die Reihenfolge chemischer Zersetzungen des Eiweißes bis zu dessen Endgliede, dem Harnstoff hin; wir wissen noch nicht genau, welche Stufen der Metamorphose der Zucker, den wir genießen, im Körper durchläuft, um endlich Kohlensäure und Wasser zu werden. — Also auch hier fehlt uns noch Vieles. Wie an einer genügenden Kenntniß der Bildungsgesetze und Constitution der organischen Verbindungen, so fehlt es uns an einer genügenden Einsicht in die Reihe der Metamorphosen, die sie bald außerhalb, bald innerhalb des Organismus erleiden. Um so mehr aber, als weder das Leben des gesunden, noch des kranken Organismus ohne eine solche Kenntniß zu begreifen ist, um so mehr, als es sich dort, wie hier stets um die Fragen handelt, welchen Zersetzungen die Nahrungsmittel und das körperbildende Material selbst unterliegen, welche Störungen diese Metamorphosen erleiden können und welche Krankheitserscheinungen durch solche Störungen hervorgerufen werden, um so mehr ist es die Aufgabe der Physiologen und Aerzte gerade diesen Metamorphosen, diesen Rückbildungsprocessen der organischen Verbindungen die größte Aufmerksamkeit zuzuwenden. Ohne die Kenntniß der Elementarstoffe und ihrer Verbindungen, ohne eine genaue Kenntniß der Metamorphosen dieser letztern ist keine Physiologie, keine Lehre vom Leben weder der Pflanze, noch des Thieres möglich. Dieser Satz, der in den folgenden Vorträgen vielfach seine Bestätigung finden wird, wir wiederholen es auch hier, erhebt das Studium der Chemie zu einem der wichtigsten Zweige nicht nur der Naturwissenschaften überhaupt, sondern vornämlich auch der medicinischen Studien; nicht dringend genug kann ihr eifriger Betrieb den angehenden Aerzten empfohlen werden. Man hat sich gar vielfach in der Heilkunde begnügen lassen am Glauben und Wähnen, an Ideen und Ansichten; man läßt's sich daran leider noch heutigen Tages nur zu oft genügen. Die Zeit aber muß enden, wo man ständig einem Kampfe von subjectiven Anschauungen begegnet; nur auf dem Boden der zuverlässigen Thatsachen wird eine siegreiche Heilkunde erstehen können und unter diesen nehmen die organisch chemischen, wo

nicht den wichtigsten, doch einen überaus hervorragenden Platz ein. Es giebt noch vieles zu thun, ehe wir uns dem Ziele nähern; deshalb aber um so mehr thue ein Jeder das Seinige! —

Aus den einzelnen und einfachen Elementarstoffen ist also die ganze uns umgebende Welt, die Welt der organisirten Körper sowohl, wie die der unorganisirten aufgebaut; die tausendfältigen Verbindungen der Elementarstoffe bedingen die tausendfältigen Verschiedenheiten der Körper selbst. Bald sind die Verbindungen einfacher, bald complicirter zusammengesetzt; von vielen kennen wir genau den Bildungsvorgang, von vielen wissen wir noch nicht, in welcher Weise sie da entstehen, wo sie vorkommen. Eine große Aufgabe für die chemische Forschung liegt hier noch vor. — Alle Körper aber, die aus den Elementarstoffen hervorgegangen sind, können auch wieder in dieselben zerfallen oder in sie zerlegt werden; je zusammengesetzter sie sind, um so verschiedenartigere Metamorphosen in andre Körper können sie erleiden und um so leichter erfolgen diese Metamorphosen selbst. — Die Chemie hat die Aufgabe, wie den Aufbau der Verbindungen, so auch deren Zerfall darzulegen; beides ist nothwendig für das richtige Verständniß des Geschehens in der Natur.

Zum weitern Unterricht in der Chemie sind zu empfehlen:

Schödler's: „Buch der Natur," Abschnitt „Chemie." (8te Auflage.)
Desselben: „die Chemie der Gegenwart in ihren Grundzügen und Beziehungen zu Kunst und Wissenschaft, Gewerbe und Ackerbau, Schule und Leben. Für Gebildete aller Stände. 1854.
Wöhler: Grundriß der Chemie. 11te Auflage. (Organ. Theil 5te Aufl.)
Fresenius: Lehrbuch der Chemie für Landwirthe, Forstmänner und Cameralisten. Braunschweig 1847.
u. m. a.

Zweiter Vortrag.

Die Erdbildung.

So schwierig es ist, eine genügende Einsicht und Klarheit in Betreff der unendlichen Anzahl von einzelnen chemischen Verbindungen, ihrem Verhalten, ihrer Darstellung, ihrem Vorkommen u. s. w. zu gewinnen, so leicht ist es doch auch, sich einen allgemeinen Begriff von denselben und damit von der materiellen Grundlage der uns umgebenden Welt zu bilden, so leicht gelingt es auch, sich auf dem weiten Gebiete der Chemie zurechtzufinden, sobald man nur an der gegebenen allgemeinen Eintheilung desselben festhält. Nur als ein solcher allgemeiner, zur Verständigung dienender Grundriß soll dasjenige gelten, was wir im ersten Vortrage mitgetheilt haben. In jedem der folgenden Vorträge werden wir es mit chemischen Verbindungen zu thun haben; ein jeder wird auch einen Beitrag zur weiteren Ausführung unserer ersten Skizze liefern; um so mehr aber war es nothwendig dieselbe jeder andern Betrachtung vorauszuschicken.

Wo aber soll nun die allgemeine Physiologie ihre Grenzen ziehen? — Bisher hat sie sich stets auf die Betrachtung der Entstehung, der Erhaltung und der Lebenserscheinungen der Pflanzen und Thiere der Gegenwart beschränkt. Allein eben so wenig, wie die specielle Physiologie des menschlichen Organismus Abstand nimmt von der Frage nach der ersten Entstehung und Entwickelung desselben, eben so wenig darf die allgemeine Physiologie — d. i. die allgemeine Naturlehre — absehen von der Frage nach der ersten Entstehung der uns umgebenden Welt. Die Schöpfungsgeschichte erheben wir damit zu einem Abschnitt der allgemeinen Physiologie. Und sollte sich nicht jedem Denkenden bei der Kunde von den chemischen Verbindungen, welche die

materielle Grundlage sowohl des Erdkörpers, als der darauf lebenden Organismen bilden, sofort die Frage aufdrängen, wo und wann dann zuerst diese Verbindungen entstanden, wo und wann sich die ersten Organismen gebildet haben? Drängen uns nicht Tausende von Gegenständen, deren Betrachtung in das Gebiet der allgemeinen Physiologie fällt, auf die Frage nach der Beschaffenheit der Erdkruste, ihrer oberflächlichen und tieferen Schichten hin? Die Agriculturchemie wird der geologischen Kenntnisse nimmer entbehren können; die Beschaffenheit unserer Trink- und Heilquellen führt uns unmittelbar zu geologischen Betrachtungen hin; das Leben ganzer Völkerschaften, das geistige, wie körperliche, steht zu der Beschaffenheit des heimathlichen, mütterlichen Bodens in gleicher Abhängigkeit, wie das des einzelnen Individuums zu dem mütterlichen Organismus.

Aus diesem Grunde wollen wir auch in der Reihe dieser Vorträge der Entstehung des Gewordenen eine kurze Betrachtung widmen, und ist es uns auch nur möglich eine flüchtige Skizze der Schöpfungsgeschichte zu entwerfen, als eines einleitenden und vorbereitenden Theils für die spätere Darlegung der Erhaltung und der Lebenserscheinungen des Bestehenden können wir ihrer nicht wohl entbehren.

Woher die Elementarstoffe selbst stammten, ehe sie irgend welche Verbindungen mit einander eingingen, ist eine von denjenigen Fragen, welche jenseits aller Naturforschung liegen. Es giebt für menschliches Denken und Wissen eine unüberschreitbare Grenze; bei der Frage nach dem Ursprunge der Elementarstoffe sind wir bei dieser Grenze angelangt. Nennen wir ihr Dasein ein Wunder oder wie wir wollen, begnügen wir uns aber mit dem Wissen, daß sie da sind und, so weit unsere Forschung reichen kann, auch da waren.

Zu Anfang, so lautet die allgemein herrschende Ansicht, war nun der ganze Weltraum mit diesen Elementarstoffen in höchst fein zertheiltem, beweglichem, gasförmigem Zustande erfüllt. In der Form eines Nebels, wie Sir William Herrschel es bezeichnete, waren sie, chaotisch gemischt, darin vorhanden, und in der That würde ohne die Supposition eines solchen Zustandes der Materie der gleichartige Gestaltungsproceß der verschiedenen Himmelskörper nicht wohl zu deuten sein. Man

hat sich die Mühe gegeben, aus der räumlichen Ausdehnung unseres Planetensystems und aus dem jetzigen Gewichte der einzelnen Planeten zu berechnen, wie groß dereinst die Ausdehnung der jetzt die einzelnen Planeten bildenden Elementarstoffe gewesen sein dürfte. Die Berechnung führte zu dem Resultate, daß in jenem Urzustande ein einziges Loth der letztern den Raum von 1,130,500 Cubikmeilen erfüllen mußte; ja nach Andern sollte sich die Ausdehnung derselben noch weit höher belaufen. Bei dieser feinen Verdünnung konnten die einzelnen Elementarstoffe noch keine Wirkung auf einander ausüben; Alles blieb in chaotischer Mischung stehen, bis irgendwo durch erste Massenanziehung, eine Folge der überall wirksamen Anziehungskraft oder Schwere, die Anlage zu einer Differenz der Materie und dadurch zu einer Wirkung der differenten Bestandtheile auf einander Veranlassung gegeben wurde. So schied sich der Weltdunst höchst wahrscheinlich zunächst in bestimmte Massen, die sich um einzelne Kerne herum verdichteten. Die vielgestaltigen, bald mehr länglichen, bald rundlicheren, bald strahligen, wahrscheinlich noch ständig Gestaltungsprocesse durchlaufenden Nebelflecken, die wir heutigen Tages wahrnehmen und deren Zahl auf drittehalbtausend geschätzt wird, sind aller Wahrscheinlichkeit nach solche verdichtete Weltdunst-Massen; auch die mächtigsten Fernröhre vermögen in ihnen keine Sterne zu unterscheiden; *) und ihre nebelartige Gestalt oder Masse war es eben, welche Herrschel zu der Idee seiner „Nebularkosmogenie“ führte.

Aus einer jeden jener ersten verdichteten Massen, so ist die fernere Annahme, bildete sich nun allmälig ein s. g. Astralsystem hervor und auch unser Sonnensystem verdankt ohne Zweifel einer solchen ursprünglich nebelartigen Dunstmasse seine Entstehung. Das entfernteste dieser Astralsysteme ist nach Herrschel's Schätzung 35000 Mal weiter von der Sonne entfernt, als Sirius, die Entfernung des letzteren von der Sonne zu circa 4 Billionen Meilen angeschlagen. Eine jede Verdichtung der Materie, wie sie hier stattfand, ist aber nothwendig von Wärmeentwickelung begleitet. Vermöge dieser Wärme wurden die ersten sich concentrirenden Massen nicht gleich fest, sie blieben vielmehr in einem erweichten, oder

*) Vergl. Kosmos I. pag. 86.

flüssigen glühenden Zustande und aus solchen glühenden Massen bestanden wohl ohne Zweifel die ersten Kerne der sich aus dem dunstförmigen Urstoffe hervorbildenden Weltinseln.

Denken wir uns nun auch unser Sonnensystem, welches von Humboldt so treffend als das relativ Kleine in dem Großen und Universellen bezeichnet, in seiner ursprünglichen Gestalt als einen solchen ungeheuern Gasball mit glühendem Kern, so entwickelte sich dasselbe nach der von Kant aufgestellten und von Laplace *) weiter verfolgten und begründeten Theorie in folgender Weise bis zu dem heutigen Zustande heran:

Es erhielt zunächst der große Gasball, einmal in Folge der Anziehung der fein vertheilten Materie von Seiten des schon dichter gewordenen Kernes, sodann aber vielleicht auch durch Attractionen entfernter ähnlicher Kerne, eine rotirende Bewegung. Mit der fortschreitenden Verdichtung der Masse und der damit bedingten Verkleinerung des Volumens des Gasballes wurde, kraft des aller Materie zukommenden Beharrungsvermögens diese Bewegung schneller und schneller; der Centripetalkraft, der Anziehungskraft des Mittelpunktes, trat die Centrifugal- oder Fliehkraft entgegen und damit erhielt der ursprüngliche Gasball jene sphäroidische, linsenförmige Gestalt, welche v. Humboldt in seinem Kosmos (I. pag. 92) unserer Weltinsel noch heutigen Tages zuschreibt. Daß in der That die Schnelligkeit der Bewegung des rotirenden Körpers fort und fort zunehmen mußte, ist nicht schwer zu erschließen, wenn man bedenkt, daß die äußersten, peripherischen Theile des großen Gasballes dem Mittelpunkte desselben immer näher rückten, ihre einmal erhaltene Bewegung aber nach dem Gesetze der Trägheit beibehielten. Den kürzern Raum, welchen sie jetzt zurückzulegen hatten, mußten sie offenbar in bei Weitem kürzerer Zeit, d. h. schneller zurücklegen, als diejenigen Theile des Gasballes, welche vor ihnen diesen Raum inne hatten, ein Verhältniß, welches sich dann gn der gesammten Materie bis zu deren Mittelpunkt hin wiederholen und somit auch eine zunehmende Schnelligkeit der Bewegung des gesammten Gasballes bedingen mußte. Bei der Fortdauer dieser Verhältnisse mußte aber ein

---

*) S. Exposition du système du monde, par M. le Marquis de Laplace. Paris 1824. Cinquième édit. Tome second. Note VII. pag. 430.

Moment eintreten, in welchem die Centrifugalkraft der noch immer sehr lose verbundenen Materie die Centripetalkraft derselben überwand; es mußte sich ein Theil des ursprünglichen Gasballs an dessen äußerster Peripherie ablösen, es mußte ein denselben umkreisender, aber von ihm abgetrennter Gürtel sich bilden. Die Anziehung, die Verdichtung des Stoffes dauerte dabei, wie in dem ursprünglichen Gasball, so auch in diesem abgelösten Ringe fort; dadurch mußten allmählig Lücken, Risse in demselben entstehen, seine Masse ballte sich mehr und mehr zusammen, bis endlich aus ihr eine neue, abgesonderte, für sich bestehende Gaskugel entstanden war. Die Bewegung dieser neu entstandenen Kugel wurde aber eine doppelte; einmal behielt sie kraft des Beharrungsvermögens diejenige Schnelligkeit und dieselbe Richtung bei, welche ihre Materie als integrirender Theil des ursprünglichen Gasballes zur Zeit der Abtrennung von demselben gehabt hatte; andrerseits bekam sie auch eine Bewegung um sich selbst dadurch, daß die innern Theile des sich ablösenden Ringes, dessen Breite wir auf mehre Millionen Meilen anschlagen dürfen, offenbar eine langsamere Bewegung besaßen, als die äußeren Theile desselben. Man unterscheidet diese beiden Bewegungen als Bahngeschwindigkeit und als Drehungsgeschwindigkeit.

Der hier geschilderte Vorgang der Ablösung eines Ringes von der ursprünglichen Gaskugel und seiner Gestaltung zu einem selbständigen, rotirenden Weltkörper wiederholte sich nun bei fortschreitender Verdichtung der Massen wieder und wieder, bis endlich sich die Masse der sämmtlichen bis jetzt bekannten 8 großen und 14 kleinern Planeten *) von dem Urgasball abgelöst und zu selbständigen rotirenden Körpern formirt hatte, bis als letzter Kern desselben die Sonne selbst als fortdauernder Gravitationspunkt des ganzen Planetensystems übrig blieb. So mag sich denn auch unsere Erde zunächst als ein Ring von dem ursprünglichen Gasball abgelöst und zu einer davon getrennten Kugel noch immer dunstförmigen Stoffes formirt haben. Ihre weiteren Schicksale werden wir alsbald näher kennen lernen.

---

*) Von der Sonne ausgehend finden wir die Planeten in folgender Reihenfolge: Mercur, Venus, Erde, Mars; Flora, Victoria, Vesta, Iris, Metis, Hebe, Parthenope, Irene, Asträa, Egeria, Juno, Ceres, Pallas, Hygiea; Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun.

Der mittlere Abstand des Neptun von der Sonne, d. h. die Länge des Halbmessers eines Kreises, welche man sich den Neptun, den bis dahin bekannten entferntesten Planeten, um die Sonne beschreiben denkt, beträgt 744 Millionen geographische Meilen; der mittlere Abstand des Jupiter 107 Millionen, der der Erde 20 Millionen Meilen. Der ursprüngliche Gasball würde demnach zur Zeit der Ablösung des den Neptun bildenden Ringes einen Durchmesser von 1488 Millionen geographischen Meilen, zur Zeit der Ablösung des den Jupiter bildenden Ringes einen Durchmesser von 214 Millionen, zur Zeit der Ablösung des die Erde bildenden Ringes einen Durchmesser von 40 Mill. Meilen besessen haben. Nach ihrer Ablösung und der Vollendung ihrer ersten Gestaltung machten sodann aber die einzelnen Gasbälle wahrscheinlich einen ganz ähnlichen Proceß durch, wie der ursprüngliche, unsre ganze Weltinsel bildende Gasball. Es lösten sich Ringe von ihrer Peripherie ab, die sich durch gleiche Vorgänge, wie oben geschildert, zu kleinern Kugeln zusammenballten, und in diesen Kugeln erkennen wir jetzt die Trabanten unserer Planeten. Als solcher fand von Seiten des Erd-Gasballs unser Mond seine Entstehung und wissen wir, daß der Mond 51,480 geographische Meilen von der Erde entfernt ist, so läßt sich leicht berechnen, daß der Durchmesser der ursprünglichen Erd-Gaskugel nahezu 103,000 geographische Meilen betrug, während der jetzige nur 1739 Meilen beträgt.

Das war der erste Act der Weltschöpfung. Aus der chaotischen Dunstmasse bildeten sich eine Anzahl getrennter, mehr oder weniger kugelig zusammengeballter Massen hervor; viele derselben durchliefen bei andauernder Verdichtung der Stoffe, sicher ähnlich wie unser Sonnensystem, weitere Gestaltungsprocesse; um ihre verschiedenen Mittelpunkte entwickelten sich die verschiedenen Astralsysteme, ähnlich wie unser Astralsystem um die Sonne. Diese Theorie ist nicht etwa nur die Frucht eines Gedankens, einer Idee; sie ist durch wenn auch nur annähernd gültige und zutreffende Beweise gestützt; die Regelmäßigkeit der Abstände unserer Planeten, die Gleichmäßigkeit ihrer Bewegungsrichtung in nahezu derselben Ebene, die gleichmäßig gegen das Centrum hin zunehmende Schnelligkeit der Bewegung, die comparative Dichtigkeit der einzelnen Planeten und endlich die noch jetzt zu beobachtende Ringbildung am Saturn können als solche Beweise betrachtet werden. —

Was die Regelmäßigkeit der Abstände der Planeten von der Sonne betrifft, so ergiebt sich, daß wenn man die Zahlenreihe:

0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384

bildet und nun zu jeder dieser Zahlen die Zahl 4 addirt, man eine zweite Reihe von Zahlen erhält, die, mit 2 multiplicirt, ziemlich genau die Abstände der einzelnen Planeten nach Millionen Meilen angiebt. Erhalten wir also zunächst durch die Addition der Zahl 4 die Reihe:

4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196, 388

und multipliciren diese einzelnen Zahlen mit 2:

8, 14, 20, 32, 56, 104, 200, 392, 776

so bezeichnen 8 Millionen Meilen die Entfernung des Mercur von der Sonne, 14 Millionen die der Venus, 20 Millionen die der Erde, 32 Millionen die des Mars, 104 Millionen nahezu die des Jupiter, 200 Millionen nahezu die des Saturn, 392 Millionen nahezu die des Uranus und 776 Millionen nahezu die des Neptun. Nur für die Zahl 56 oder die Entfernung von 56 Millionen Meilen haben wir keinen Planeten angegeben. Allein es existirt hier in unserm System nicht etwa eine Lücke, es ist vielmehr im höchsten Grade wahrscheinlich, daß, während sich alle übrigen von dem Urgasball abgelösten Ringe zu einer größern zusammenhängenden Masse formirten, derjenige Ring, welcher sich in der Entfernung von etwa 56 Millionen Meilen von dem Mittelpunkte ablöste, in eine Menge kleinerer Stücke zerfiel und so statt eines größern eine Anzahl kleinerer Planeten bildete. Nahezu in der Entfernung von 56 Millionen Meilen von der Sonne finden wir denn auch die Hygiea (65 Mill. Meilen), Pallas (57 Mill.), Ceres (57 Mill.), Juno (55 Mill.), Asträa (53 Mill.), Vesta (48 Mill.) u. s. w. und als dem Mars am nächsten stehend die Flora (45 Mill.). Diese sämmtlichen Planeten konnten sehr wohl trotz ihrer verschiedenen mittleren Abstände (d. h. Entfernungen von der Sonne) aus einem ursprünglichen Ringe des Urgasballs hervorgehen; es wurde schon oben erwähnt, daß wir uns diese Ringe von nicht weniger als vielen Millionen Meilen Breite zu denken haben; 20 Millionen Breite des Ringes würde aber schon hinreichend gewesen sein, um den sämmtlichen kleinere Planeten in der besprochenen Entfernung ihre Entstehung zu geben. Trifft nun auch dieses Gesetz der regelmäßigen Abstände der Planeten

von einander keineswegs, wie Gauß schon erwähnte, scharf zu, will man es auch mit Lalande und Delambre nur als Zahlenspiel betrachten, so läßt es doch eine gewisse Regelmäßigkeit in den Ablösungszeiten der einzelnen Ringe nicht wohl verkennen und in dieser Beziehung mag es immerhin seinen Werth behaupten. *)

Ein zweites Argument zu Gunsten der vorgetragenen Theorie liegt in der gleichmäßigen Bewegungs-Richtung der Planeten von Westen nach Osten; ein drittes in ihrer gleichmäßig nach dem Centrum hin zunehmenden Bewegungsgeschwindigkeit. Der Uranus durchläuft in seiner Bahn in jeder Secunde etwa 1 Meile, der Saturn 1,3 Meile, der Jupiter 1,7, die sämmtlichen kleineren Planeten 2,5—2,7, die Erde 4,7, die Venus 4,9 und der Merkur 6,7 Meilen. Einen vierten Beweis findet man endlich in der, der zunehmenden Massenverdichtung des Urgasballs ziemlich entsprechenden Zunahme der Dichtigkeit oder des specifischen Gewichtes der einzelnen Planeten von den fernsten an bis zum Merkur hin. Auch diese ist jedoch keineswegs eine ganz geregelte. Die mit Hülfe des Pendels oder der Drehwaage ermittelte und aus der Bewegungsgeschwindigkeit und Größe der einzelnen Planeten berechnete relative Dichtigkeit derselben beträgt

für den Merkur	1,23
„ die Venus	0,94
„ „ Erde	1,00
„ den Mars	0,95
„ „ Jupiter	0,24
„ „ Saturn	0,14
„ „ Uranus	0,17
„ „ Neptun	0,23 **)

Das Gewicht der Sonne selbst ist zu 0,252 (das der Erde = 1,000 gesetzt) berechnet. Humboldt ordnet darnach die Planeten und die Sonne in Bezug auf ihre Dichte in folgender Weise: Saturn, Uranus, Neptun, Jupiter, Sonne, Venus, Mars, Erde, Merkur — und weist damit allerdings nach, daß die Newton'sche Annahme: die Dich-

*) Vgl. v. Humboldt Kosmos. III. pag. 441.
**) S. Humboldt Kosmos. III. pag. 446.

tigkeit der Planeten sei deren Abständen proportional, keineswegs zutreffe. Die größere Leichtigkeit der entfernten und die größere Dichtigkeit der der Sonne am nächsten kreisenden Planeten darf aber dennoch vielleicht als eine Stütze der obigen Theorie betrachtet werden. Ungleiche Vertheilung der Dunstmassen selbst, daraus folgende Ungleichheiten in der Ablösung der einzelnen Ringe, Störungen des Bildungsprocesses durch andere Weltkörper u. s. w. machen es wohl einleuchtend, daß keiner der aufgeführten Beweise mathematisch genau sein kann.

Der jetzt noch am Saturn zu beobachtende Doppelring giebt der Theorie eine letzte wesentliche Stütze, um so wesentlicher als der Saturn der specifisch leichteste der Planeten ist und somit die Ablösung eines Ringes von ihm noch in jüngerer Zeit keine ganz unwahrscheinliche Annahme ist. Laplace sagt selbst bei Aufstellung seiner Hypothese: „La distribution régulière de la masse des anneaux de Saturne, autour de son centre et dans le plan de son équateur, résulte naturellement de cette hypothese et sans elle devient inexplicable: ces anneaux me paraissent être des preuves toujours subsistantes de l'extension primitive de l'atmosphère de Saturne de de ses retraites successives.“

Als eines oft angeführten Wahrscheinlichkeitsgrundes der Weltbildungstheorie von Laplace wollen wir auch noch der Versuche des Professors Plateau in Genf gedenken. Wir entnehmen in Betreff dieses der von C. Vogt aus dem Englischen übersetzten „Natürlichen Geschichte der Schöpfung. 1851.“ p. 14 Folgendes: „Herrn Plateau ist es bis zu einem beachtenswerthen Grade gelungen, die Weltbildungstheorie Laplace's einer Experimentalverification, wie wir es nennen mögen, zu unterwerfen. Der technischen Ausdrücke entkleidet, besteht sein Experiment etwa in Folgendem: Gießet man zu einer in einem gläsernen Gefäß befindlichen Mischung von Wasser und Weingeist eine geringe Quantität Olivenöl, welches genau die Dichtigkeit der erwähnten Mischung besitzt, so hat man in der letzteren eine von den Wirkungen der Schwere befreite, flüssige Masse, der es frei steht, diejenige äußere Form anzunehmen, welche ihr die auf sie einwirkenden Kräfte aufdrücken. Und in der That nimmt das Oel nach dem Gesetz der molekularen Anziehungskraft sogleich eine kugelförmige Gestalt an. Bringen wir in

jenes Gefäß eine senkrechte Achse, die mit einer kleinen Scheibe in der Mitte versehen ist und so gestellt wird, daß ihr Mittelpunkt dem Mittelpunkt der Oelkugel entspricht, und drehen wir alsdann die Achse, so setzen wir dadurch die Oelkugel in Bewegung und sehen dann sogleich, wie die Kugel nach den Polen hin sich abplattet und nach dem Aequator hin anschwillt. Man bringt in dieser Weise eine Wirkung im Kleinen hervor, von der man annimmt, daß sie ehedem auch bei den Planeten stattfand. Die kugelformenden Kräfte sind von verschiedener Art; beim Oel ist es die Molecularattraction, bei den Planeten die allgemeine Attraction; die Resultate sind jedoch gleich. Beschleunigung der Umdrehung vermehrt die Abplattung. Wird die Bewegung so schnell, daß drei Umdrehungen auf die Sekunde kommen, so erreicht die flüssige Masse das Maximum der Plattheit; sie wird um die Achse herum oben und unten hohl, und während sie sich immer mehr in horizontaler Richtung ausdehnt, trennt sie sich endlich von der Scheibe los und nimmt die Gestalt eines regelmäßigen Ringes an. Anfangs bleibt derselbe noch durch ein dünnes Oelhäutchen mit der Scheibe verbunden, das aber, sobald die Scheibe still steht, zerreißt, wodurch dann der Ring vollkommen frei wird. Die einzige bemerkbare Unähnlichkeit zwischen diesem und dem Saturnusring ist, daß dieser rund statt platt ist, eine Abweichung, die indessen von dem gelehrten Professor in genügender Weise erklärt wird."

„Kurz nach dem Aufhören der Kreiselbewegung der Scheibe verliert auch der Oelring seine Bewegung und rinnt wieder in Kugelform zusammen. Wird indessen eine kleinere Scheibe angewendet und mittelst derselben die Umdrehung nach der Lostrennung des Ringes fortgesetzt, so wird die Kreisbewegung und Centrifugalkraft auch in der Weingeistflüssigkeit erzeugt und der Ring — hiedurch gehindert, seine Kugelform anzunehmen — theilt sich in mehre gesonderte Massen, deren jede sogleich die Kugelgestalt annimmt. Diese nehmen im Moment ihrer Bildung fast immer eine fortrollende Bewegung um sich selber an, eine Bewegung, welche beständig die Richtung hat, die der Ring verfolgte. Da überdies der Ring im Augenblick seines Auseinanderbrechens einen Rest von Schwungkraft besaß, so streben die Kugeln, welche aus ihm entstanden sind (in der Richtung der Tangente ihrer

Bahn) davon zu fliehen. Da aber auch andrerseits die im Weingeist sich bewegende Scheibe diesem eine Kreisbewegung mitgetheilt hat, so werden die Kugeln hauptsächlich durch diese letztere Bewegung fortgetrieben und rollen eine Zeit lang um die Scheibe herum. Die, welche sich zu gleicher Zeit um sich selber drehen, gewähren uns alsdann das interessante Schauspiel von Planeten, die sich zu gleicher Zeit um sich selbst und in ihrer Laufbahn bewegen. — — Das Experiment liefert, wie man sieht, ein Miniaturbild der von Laplace angenommenen Bildung der Planeten durch das Zerbersten des kosmischen Ringes in Folge der Verdichtung der Sonnenatmosphäre. Das Licht, welches hiedurch im Allgemeinen auf die Laplace'sche Weltbildungstheorie geworfen wird, genügt, um jener Hypothese eine große Wahrscheinlichkeit zu verleihen."

Gehen wir nun von der Betrachtung der Entstehung unseres Sonnensystems „des Gebietes eines einzelnen Fixsternes unter den Millionen derer, welche uns das Fernrohr an dem Firmamente offenbart," zu der nähern Untersuchung desjenigen seiner Planeten über, welchen wir bewohnen, so war, wie schon erwähnt, auch dieser in seinem Urzustande ein ungeheurer Ball dunstförmigen Stoffes, mit einem Durchmesser von mindestens 103,000 geographischen Meilen. Nach der Ablösung jenes Ringes von seiner Peripherie, aus welchem wir den Mond entstanden wähnen, schritt die Verdichtung der noch chaotisch gemischten, gasförmigen Elemente fort und fort. In Folge der dadurch freiwerdenden Wärme gerieth der Ball in Gluth, bis endlich durch allmählige Abkühlung, d. h. Wärmeausstrahlung in den Weltraum hinaus, „dessen Temperatur wahrscheinlich unter dem Gefrierpunkt des Quecksilbers (— 39° R.) ist," eine erste festere Kruste um denselben herum sich bildete.

Daß unsre Erde von Anfang an einen feurigen Kern hatte und noch heutigen Tages hat, schließen wir mit Wahrscheinlichkeit zunächst aus der Thatsache, daß mit je 92 Pariser Fuß, die wir tiefer in die Erde hinabsteigen, die Temperatur um 1° Celsius zunimmt; wir schließen es ferner aus den noch heutigen Tages vorkommenden Auswürfen glühender Massen aus den Vulkanen, wie aus der Temperatur der heißen Quellen; wir schließen es endlich aus dem Analogon, welches

uns die Betrachtung der Cometen an die Hand giebt, in denen sich der feurige Kern zur dunstförmigen, ihn umhüllenden Masse verhält, wie das feurige Centrum der Erdkugel zu dessen einst ebenfalls dunstförmiger, nach und nach aber zusammengeballter, die Erdrinde bildender Peripherie. —

Wir lassen es dahin gestellt sein, ob zu jener Zeit das Innere der Erdkugel nur aus metallischen Dünsten oder schon aus festern Metallmassen bestand; auch heutigen Tages hat man über die Beschaffenheit des Kerns unserer Erde nur unbestimmte Vermuthungen. Gewiß ist es jedoch, daß dieser Kern, ebenso wie die ganze Erdmasse zu einer gewissen Zeit dehnbar, der Centrifugalkraft nachgebend, tropfbar-flüssig oder weich-breiig sein mußte, denn sonst hätte die Erdkugel sich an den Polen nicht derartig abflachen können, daß ihr Durchmesser jetzt zwischen den Polen $5^3/_5$ geographische Meilen kürzer ist, als der Durchmesser des Aequators, dessen Länge $1738^3/_5$ geographische Meilen beträgt. Auch dasjenige, was wir oben als „festere Kruste" des ursprünglichen Erdballs bezeichneten, haben wir uns zunächst nur als eine breiig-weiche glühende Masse zu denken, die von einer mit vielen chaotisch gemischten Elementen geschwängerten Gashülle umgeben war. Hunderttausende von Jahren mochten erforderlich sein, ehe die Abkühlung jener Masse so weit fortgeschritten war, daß von einer in Wahrheit festern und selbst harten Erdrinde die Rede sein konnte; hunderttausende von Jahren müssen darüber vergangen sein, ehe sich die noch in Dunstform den schon dichteren Erdkern umkreisenden Stoffe auf denselben niederschlugen, ehe sich aus den Elementarstoffen diejenigen Verbindungen hervorbilden konnten, welche wir noch heutigen Tages als die Grundmassen, gewissermaßen als Grundsteine der Erdrinde zu betrachten haben. Wie uns bei Betrachtung der Himmelskörper für den Raum, wie bei der Betrachtung des kleinsten thierischen Lebens, der Infusorien-Welt, für die Zahl, so fehlt uns hier für die Zeit der Begriff. Was wir nach dem Ergebniß bestimmter Messungen und Berechnungen schließend in wenigen Worten zusammenfassen ist das vermuthliche Ergebniß schöpferischer Bildungsacte, die sich über mehr als hundert Millionen von Jahren erstreckt haben mögen.

Nicht ohne Grund dürfen wir die Ansicht hegen, daß in der ersten Zeit des Daseins eines isolirten Erd-Gas-Balls die denselben bildenden Elementarstoffe noch eine so bedeutende Ausdehnung besaßen, so fein vertheilt waren, daß die Kraft ihrer chemischen Verwandtschaft nicht zur Geltung kommen konnte. Erst mit der allmählig zunehmenden Verdichtung der Stoffe, begünstigt durch die derselben entspringende Wärme begannen einzelne Elementarstoffe eine Verbindung unter einander einzugehen und da war es wohl ohne Frage zunächst der Sauerstoff, welcher, in einer ungeheuren Menge vorhanden, seine Eigenschaft, sich mit andern Elementen zu Oryden zu verbinden, geltend machte. So entstanden die Kieselerde oder Kieselsäure ($Si\,O_3$), die Thonerde ($Al_2\,O_3$), die Kalkerde ($Ca\,O$), das Natron ($Na\,O$), das Kali ($Ka\,O$) u. s. w., Verbindungen, von denen wir annehmen müssen, daß auch sie sich sämmtlich Anfangs in tropfbar-flüssigem Zustande befanden. In diesem senkten sie sich sodann aus dem Dunstraume auf gegen Kern der Erde nieder und wurden Bestandtheile der denselben umhüllenden feurig-flüssigen Schlackenrinde.

Wie an dem Erdball heutigen Tages ein innerer, unbekannter, zum Theil aber sicher feurig-flüssiger Kern, eine feste und zum Theil tropfbar-flüssige Rinde, die die Dicke von $1/_{524}$ des Erdhalbmessers oder $1\,7/_{10}$ Meile nicht übersteigt, und ein sie umhüllender Gasraum, unsere Atmosphäre, von etwa einer geographischen Meile Höhe zu unterscheiden ist, so gelangen wir also auch in der Entwicklungsgeschichte des Erdkörpers zunächst zu der Vorstellung dreier verschiedener concentrischer Abschnitte des Erdballs. Was aber jetzt mehr oder weniger licht und klar, was harter Fels und Boden, war damals noch dichte Dunstmasse oder feurig-flüssige Schlacke. Untersuchen wir denn weiter, wie sich die Atmosphäre klärte und die Schlacke zur felsigen Erdrinde erhärtete.

Nicht unwahrscheinlich ist es, daß der tropfbar-flüssige Mantel des glühenden Erdkerns theils in Folge der Attraction von Sonne und Mond, theils in Folge ungleicher Temperaturvertheilung, wenn auch nur langsam, immerhin für die Abkühlung der Massen doch wesentliche Strömungen, Zustände von Ebbe und Fluth erfuhr. Wie wir noch heutigen Tages in dem flüssigen Elemente unserer Erde Ebbe und Fluth

und große oceanische Strömungen beobachten, deren Richtungen von der Aequatorialgegend bis zu hohen nördlichen und südlichen Breitegraden und von diesen wieder in die Aequatorialgegenden zurück wesentlich auf die Temperatur des Meerwassers und der über ihm ruhenden Luftschichten einwirken, also mochten auch damals in den feurig-flüssigen Schlacken Hebungen, Senkungen und Strömungen vorkommen, die der Abkühlung der Massen wesentlichen Vorschub leisteten. Es mußte aber endlich auch ein Zeitpunkt eintreten, wo eine jeder weitern Bewegung hinderliche Erhärtung einzelner Massen erfolgte; es bildete sich eine feste Erdkruste, und vielleicht in der Aequatorialzone entstand die erste Massenanhäufung, die erste harte Oberfläche. Welche Elementarstoffe diesen Mantel der Erde und die unmittelbar unter demselben gelagerten Massen bildeten, darüber giebt uns die Geognosie Aufschluß. Es sind die sog. plutonischen (aus Feuer hervorgegangenen) oder Massen-Gesteine, die abnormen oder ungeschichteten Gesteine, wie sie hie und da auch genannt werden, „die Eruptions-Gesteine, aus dem Innern der Erde, vulkanisch geschmolzen oder in weichem, mehr oder minder zähem Zustande plutonisch ausgebrochen," wie sie v. Humboldt nennt, um welche es sich hier handelt. Einfache binäre Verbindungen von Elementarstoffen bilden ihre Grundlage.

In den chemischen Gemengen, welche diese Massengesteine bilden, herrscht insonderheit die Kieselerde ($Si\,O_3$), gewöhnlich Quarz genannt, vor; sie soll etwa 70 Proc. derselben ausmachen; ihr folgt in der Menge die Thonerde ($Al_2\,O_3$) zu circa 16 Proc., ihr das Kali (5—6 Proc.), das Natron (circa 3 Proc.) und endlich die Talk- (Magnesia-) und Kalkerde, das Eisenoxyd u. s. w. Je schwerer die Metalle, desto tiefer senkten sie sich in der feurig-flüssigen Masse nach unten; wir finden deshalb die schwersten Metalle auch jetzt noch vorzugsweise in der größten Tiefe oder in vulkanischen Produkten. Es blieb aber bei den einfachen, binären Verbindungen nicht stehen; es entstanden vielmehr Verbindungen zweiter Ordnung, kieselsaure Salze, in denen also die Kieselsäure die Rolle der Säure, irgend welche Metalloxyde aber die Basis bildeten, Verbindungen, die unter dem Namen der Silicate bekannt sind. Es mußten diese Silicate in der damaligen Form wahre Glasflüsse sein. Unser gebräuchliches Glas besteht bekanntlich aus kie-

selsaurem Kali mit kieselsaurem Kalk; die die Erdkruste bildenden Silicate waren Verbindungen von den gleichen Salzen, nur mit dem Unterschiede, daß der Kalk oder statt seiner die Thonerde das Kali hier bei Weitem an Menge übertraf. Durch Beimischung verschiedener anderer Metalloxyde wurde diesen Glasflüssen dann, ganz wie noch heutigen Tages bei der Glasfabrikation, eine verschiedene Färbung gegeben; durch Eisenoxydul die grüne, durch Kupferoxydul die rothe, durch Kobaltoxydul die blaue, durch Silberoxyd die gelbe, durch weniger oder mehr Eisenoxyd die braune oder schwarze. Aus Verbindungen zweiter Ordnung gingen weiter Verbindungen dritter Ordnung hervor; kieselsaures Kali und kieselsaure Thonerde bildeten z. B. den sog. Orthoklas oder Feldspath, kieselsaure Kalkerde und kieselsaure Talkerde die Hornblende u. s. w., u. s. w. — Damit waren denn diejenigen Verbindungen gegeben, die die Masse der plutonischen Bildungen zusammensetzten. —

Machen wir uns die Zusammensetzung der wichtigsten unter diesen klar, so bildet zunächst der G r a n i t eine Verbindung von reiner Kieselerde (Quarz), Feldspath und Glimmer. Beide letztere bestehen aus kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Kali; der Glimmer enthält aber 3—4mal so viel Thonerde und $1/3$ mehr Kieselerde, als der Feldspath. Dem Feldspath ähnlich ist der A l b i t und O l i g o k l a s, die aus kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Natron bestehen; ebenso der L a b r a d o r, der aus kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Kalk zusammengesetzt ist.

Der S y e n i t besteht aus Feldspath und Hornblende, theils allein, theils noch mit Quarz oder Glimmer verbunden. Die H o r n b l e n d e ist aber ein Doppelsalz, eine Verbindung dritter Ordnung, bestehend aus kieselsaurem Kalk und kieselsaurer Magnesia; ihre schwarz-grünliche Farbe verdankt sie einem ansehnlichen Gehalt an Eisenoxydul. Sie findet sich auch im G r ü n s t e i n und D i o r i t. Der Grünstein (auch Trapp oder Diabas genannt) besteht im Wesentlichen aus Amphibol (Augit und schillernder oder Schillerquarz) und Felsit (nicht crystallisirter Feldspath); der A u g i t besteht hauptsächlich aus kieselsaurer Magnesia mit etwas kieselsaurem Kalk oder auch Eisenoxyd. Die Grünsteine kommen nur in kleinen Massen vor und bilden den großen Granitblöcken

gegenüber nur kleine Felskuppen oder vielfach verzweigte Gänge im Gebiet des Granits, der Schiefersteine und der Grauwacke. Als besondere Arten sind namentlich bekannt der Diorit (Hornblende und Albit), — sobald er ein schieferiges Gefüge zeigt, Dioritschiefer genannt —, und der Serpentin, der hauptsächlich aus Kieselsäure mit Magnesia und Eisenoxydul besteht. Zu den Serpentinen gehört der bekannte Meerschaum, der Speckstein und Seifenstein. —

Der Porphyr bildet eine dichte Felsitmasse mit einzelnen Krystallen von Feldspath, Quarz, Hornblende u. s. w. Besondere Arten desselben sind der gelbe oder rothe Quarzporphyr, der Glimmerporphyr, der Syenitporphyr. Er hat meistens ein geflecktes Ansehen und man nennt deshalb manche andere Gesteinmassen, die durch eingesprengte Krystalle ein solches geflecktes Ansehen bekommen: porphyrartig; so spricht man von Granitporphyren, Dioritporphyren u. s. w. Befinden sich in den Gesteinmassen aber größere Blasenräume, die nicht selten mit schönen Quarz-Krystallen ausgefüllt sind, so nennt man sie mandelartig, die Ausfüllungen der Hohlräume selbst heißen die Mandeln.

Der Melaphyr ist ein undeutliches schwärzliches Gemenge von Augit und Labradorfeldspath, oft durch einzelne Krystalle von Labrador und Augit porphyrartig; er enthält niemals Quarz. Eine besonders interessante Art des Melaphyrs ist der Mandelstein, der in seinen Blasenräumen Kalkspath, Chalcedon, Achat, Quarz, Zeolith u. s. w. enthält.

Hypersthenfels ist gebildet durch ein körniges Gemenge von Hypersthen (eine Art Augit) und Labrador.

Unter dem Granit und der Mehrzahl der genannten Verbindungen liegen wahrscheinlich die an Metalloxyden reicheren und deshalb schwerern Silicate, die Basalte und Laven, welche Augit und Olivin (kieselsaure Magnesia mit kieselsaurem Eisenoxydul) enthalten. Der Basalt, von dem wir schon jetzt bemerken wollen, daß er erst später emporgeworfen wurde, als die meisten Massengesteine, so daß er nicht nur diese, sondern auch Sedimentgesteine (s. u.) bis zur Molasse hin durchsetzt, ist ein meistens undeutliches Gemenge von Augit und Feldspath, in der Regel mit Olivin und Magneteisen vermischt. Eine Abart, der Dolerit, ist ein deutlich gemengter Basalt, in dem man namentlich

Augit und Feldspath unterscheiden kann; der basaltische Mandelstein hat Blasenräume, in welchem besonders Zeolithe (s. g. Kochsteine, die sämmtlich Wasser enthalten, welches beim Erhitzen derselben zischend entweicht und deren Hauptbestandtheile Kieselerde und Thonerde sind) vorkommen. Andere Abarten von größerer Verbreitung sind der Phonolith (Klingstein, wegen seines Klanges beim Anschlagen mit einem Hammer) und der Trachyt. Der Phonolith besteht hauptsächlich aus Felsit und Natrolith (natronhaltiger Zeolith); der fast stets porphyrartige Trachyt bildet ein undeutliches und unbestimmtes, meist etwas körniges Gemenge, in welchem Felsit vorwaltet. —

Die Lava ist ein undeutliches Gemenge aus Augit und Felsit oft mit Leucit (eine Art Albit) und Magneteisen vermischt.

In der Aufführung und Bezeichnung der sich erst allmählig bildenden und die verschiedenartigsten Hebungen und Umwälzungen erfahrenden plutonischen Massengesteine haben wir hier etwas vorgegriffen, um insonderheit die Einfachheit ihrer wesentlichen Zusammensetzung aus verhältnißmäßig wenigen Elementarstoffen sogleich darzuthun. Fast keinem jener Silicate fehlt die kieselsaure Thonerde; die mit ihr verbundenen Salze sind meistens kieselsaure Alkalien, kieselsaure Erden oder kieselsaure Metalloxyde. Um aber einen Begriff davon zu geben, wie viele Tausende von Jahren vergehen mußten, ehe sich die feurig-flüssige Schlackenrinde des Erdballs bis zur Erhärtung des Silicatenmantels abgekühlt hatte, wollen wir nicht unerwähnt lassen, daß erst bei einer Temperatur von 1600° R. alle Silicate tropfbar flüssig sind und die meisten derselben erst bei einer solchen von 160° R. erstarren, die Temperatur der Erdrinde also bis zur Festwerdung derselben eine Abnahme um etwa 1400° R. erfahren mußte. Nach den Untersuchungen und Berechnungen des Prof. Bischoff in Bonn mit einer künstlich geschmolzenen Basaltkugel von 2 Fuß Durchmesser muß seit jenem ersten feurig-flüssigen Zustande der Erdrinde bis zu ihrer jetzigen Beschaffenheit ein Zeitraum von 353 Millionen Jahren verflossen sein, und zwischen jener Zeit, wo über die ganze Erde noch ein tropisches Clima verbreitet war, und der unsrigen ein Zeitraum von etwa 1,300000 Jahren liegen.

Auch noch jener prachtvollen, zu Schmucksachen vielfach verwen-

deten, kostbaren Krystalle, welche sich in den plutonischen Gesteinmassen eingeschlossen finden, wollen wir hier in Kürze gedenken. Ueber die Entstehung derselben weiß man zwar nur zum Theil etwas Bestimmteres anzugeben, ihre stoffliche Beschaffenheit ist dagegen desto genauer bekannt. Wir sind überrascht zu hören, daß diese prachtvollen Edelsteine, an deren Glanz und Farbe wir uns erfreuen, dem Wesentlichen nach nur wieder aus Quarz oder Thonerde bestehen, und ihre Farben nur durch Beimischung seltener vorkommender Metalloxyde erhalten. Im Granit kommen namentlich die Thonerde-Krystalle vor; die Korunde, Saphire und Rubine, welche aus reiner Thonerde bestehen, der Turmalin, aus kieselsaurer Thonerde und Borsäure gebildet, der Granat, Topas und Smaragd ebenfalls aus kieselsaurer Thonerde, in Verbindung mit verschiedenen seltenern Metalloxyden, bestehend. In den porphyrartigen Gesteinmassen und insonderheit in den s. g. Mandelsteinen kommen dagegen namentlich die Quarz-Krystalle vor: der Bergkrystall, welcher aus reiner Kieselerde besteht, der Amethyst, aus Kieselerde mit etwas Manganoxydul gebildet, der Chalcedon (mit rother oder gelber Farbe als Carneol, mit grüner als Chrysopras), ebenfalls aus Kieselerde und verschiedenen Metalloxyden gebildet, der Jaspis, aus Kieselerde, Thonerde und Eisenoxyd zusammengesetzt, und der Achat, meistens aus einem Gemenge von Amethyst, Chalcedon und Jaspis bestehend. Auch der Opal gehört zu den Quarzen; er ist aber nicht krystallinisch, dagegen wasserhaltig; von seinem eigenthümlichen Schillern in verschiedenen Farben hat man bekanntlich den Ausdruck des „Opalisirens" entlehnt.

Doch fahren wir im Verfolge der Entwicklungsgeschichte unseres Planeten fort. Wir sind angelangt bei jenem Zeitpunkt, wo das feurig-flüssige Innere der Erdkugel von einem verhältnißmäßig nur noch dünnen, aber doch starren, festen Mantel umschlossen war; wir haben die uns jetzt als Granit, Syenit, Grünsteine, Porphyre u. s. w. bekannten Gesteine als die wesentlichsten Bestandtheile dieses s. g. Silicatenmantels kennen gelernt. Blieb die erste Hülle schon für immer geschlossen? Blieb sie schon eine dauernd unnachgiebige Fessel für die in ihr verborgenen feurig-flüssigen Massen? Die äußere Gestaltung der plutonischen oder Massengesteine, ihre Lagerungsverhältnisse zu den alsbald zu er-

wähnenden Sediment- oder Schichtgesteinen, die noch heutigen Tages vorkommenden vulkanischen Ausbrüche des Erdinnern ferner lehren uns, daß dem nicht so war und sein konnte.

Die in ihrem Umfange festgewordene Kugel strahlte fort und fort Wärme in den Weltraum aus. In Folge dieser Abkühlung, in Folge einer dadurch bedingten und zwar ungleichen Zusammenziehung der schon erstarrten Massen entstanden Risse in dem Mantel. Dem gepreßten, feurigen Inhalt der Kugel wurde damit ein Ausweg dargeboten; in glühendem Flusse quoll er aus jenen hervor. Neue Abkühlung der jüngst hervorgeschobenen Massen, neue Risse des Mantels, neue Eruptionen erfolgten, bis endlich die Kruste des Erdballs, stärker und stärker geworden, dem wilden Andrange des feurigen Inhaltes mehr und mehr Widerstand entgegensetzte und verhältnißmäßig nur selten größere Eruptionen erfolgten. Finden wir noch heutigen Tages den Basalt oder Trachyt als schwarze Massen, oder die Porphyre als heller gefärbte die Granite durchsetzend, so kennen wir jetzt den Ursprung dieser Verhältnisse; und war bei dem Hervorbrechen des feurigen Inhalts die durchbrochene Erdkruste selbst schon hart und unnachgiebig, so mußten auch die Ränder der Spalten durch die hervordringenden Massen gehoben werden; kuppenförmig breiteten sich hier und dort die feurigen Flüsse auf ihnen aus. So entstanden denn zuerst Berg und Thal, Höhen und Tiefen, die das Fundament der nun weiterhin erfolgenden Bildungen abgeben sollten; nicht etwa auf dieser erst entstandenen Kruste des Erdballs lebt das jetzige Geschlecht, in den ihrer Bildung folgenden Millionen von Jahren wurden vielmehr neue und wieder neue Massen, gleich Gewändern auf den nackten Körper, auf ihr abgelagert, Massen, deren Ursprung und Gestaltungsprozeß wir sogleich kennen lernen werden.

Von einer geregelten Lagerung, einem bestimmten gegenseitigen Verhältniß kann bei all diesen plutonischen Gesteinsmassen nicht die Rede sein. Sie heißen deßhalb auch die abnormen, die ungeschichteten; sie geben Zeugniß von dem wilden Sturm der Kräfte, die zu ihrer Bildung beitrugen. Die heutigen Tages erfolgenden vulkanischen Ausbrüche geben, wenn auch nur im Kleinen, doch ein deutliches Bild der damaligen im größten Maaßstabe stattgefunden habenden Vorgänge. Und nicht daß dieselben zur Zeit der fast gänzlichen Erstarrung der schon

beträchtlich verdichteten Erdkruste plötzlich eine den heutigen vulkanischen Erscheinungen ähnliche Einschränkung erfuhren; die Beschaffenheit vieler hoher Bergkuppen, das Vorkommen von Versteinerungen pflanzlicher oder thierischer Organismen, von sedimentären Gesteinsbildungen auf ihnen legt Zeugniß dafür ab, daß die inneren Erdkräfte nie und nimmer bis auf den heutigen Tag hin ruheten, sondern auch dann noch mit furchtbarer Gewalt auf die innere Fläche der Erdkruste wirkten, als dieselbe schon von mächtigen, aus dem Wasser niedergeschlagenen Erdschichten bedeckt war. Nicht damals schon entstanden jene 24 bis 26000 Fuß über dem Meeresspiegel hervorragenden Spitzen des Himalaya-Gebirges oder der Cordilleren von Süd-Amerika; sie verdanken ihre Höhe vielmehr allmähligen, im Laufe der Jahrtausende entstandenen und durch die Reaction des Erd-Innern gegen die Erdrinde entstandenen Hebungen, die um so bedeutender erscheinen mußten, wenn gleichzeitig Senkungen benachbarter Theile der Erdoberfläche damit verbunden waren.

Doch verlassen wir jetzt den in seiner Peripherie festgewordenen Erdball und wenden uns der Betrachtung der ihn in jener ersten Zeit umgebenden dunstförmigen dichten Atmosphäre wieder zu. Nicht ein Stillstand war in den Entwicklungsverhältnissen derselben eingetreten; schon während der Bildung des Silicatenmantels gingen die in ihr noch gasförmig enthaltenen, aber mehr und mehr sich verdichtenden Elemente Verbindungen mannigfacher Art ein.

Vor Allen war es wohl die Verbindung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoff zu W a s s e r, die schon frühzeitig erfolgte. Es erfordert diese Verbindung bekanntlich einen hohen Grad von Wärme, und sie fand also höchst wahrscheinlich auch bald nach Erstarrung des Silicatenmantels Statt. Aber das Wasser senkte sich noch nicht sogleich in tropfbar-flüssiger Form auf denselben nieder; durch seine Hitze in Dampf verwandelt füllte es in dieser Form die Atmosphäre. Erst bei Abnahme der Temperatur der Erdkruste vermochte es sich zu verdichten, ein Vorgang, welchen der hohe Druck der damaligen Atmosphäre nicht unwesentlich förderte und früher eintreten lassen mußte, als es unter heutigen Umständen der Fall gewesen sein würde; erst in dieser Form konnte es die Tiefen des Erdmantels als Wasser erfüllen. So bildete sich denn

der erste Anfang des Meeres, eines Meeres, welches sich die Phantasie als ein sprudelndes und kochendes zu denken hat.

Gleichzeitig mit dem Wasserstoff verbanden sich in dem die Erde umhüllenden Dunstraum aber auch andere Elemente mit dem Sauerstoff; so der Kohlenstoff, der Stickstoff, der Schwefel, der Phosphor u. s. w. Es entstanden in dieser Weise saure Oxyde oder Säuren: Kohlensäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure u. s. w. Dem Wasserdunst verbunden und selbst zum Theil noch gasförmig blieben auch sie wohl Anfangs noch Bestandtheile der Atmosphäre; allmählig aber, mit Ausnahme der Kohlensäure, in tropfbar-flüssiger Form niederfallend mischten sie sich auch dem Wasser des Urmeers bei, gaben demselben eine saure Reaction und trugen in dieser Weise wesentlich zu der Einwirkung des Urmeers auf den Silicatenmantel bei. Diese Einwirkung führte eine Verwitterung, eine Auflösung der oberflächlichsten Massengesteine herbei; die basischen Oxyde derselben, Kalk, Natron, Kali u. s. w. wurden ebenfalls Bestandtheile des Urmeeres, und indem sie sich nach chemischen Gesetzen mit den eben genannten Säuren verbanden, entstanden Salze, wie sie zum Theil noch heutigen Tages Bestandtheile des Meeres sind. Mit dem Natron des Albits bildete vielleicht die Salzsäure Kochsalz, mit dem Kali des Feldspaths und Glimmers die Schwefelsäure schwefelsaures Kali, mit dem Kalk des Labradorfeldspaths die Kohlensäure Kreide oder die Schwefelsäure Gyps u. s. w.; und wurden die chemischen Gemenge, die die plutonischen Massengesteine bildeten, in dieser Weise durch das sie bespülende Meer zerlegt, so mußte dasselbe auch nach und nach einen größern Gehalt an reiner Kieselerde (Quarz oder Sand), an kieselsaurer Thonerde oder auch an anderweitigen Verbindungen der letzteren erlangen.

So kommen wir zu dem Begriff eines mit vielen Salzen, Säuren und basischen Oxyden geschwängerten Urmeers, welches die Tiefen des Silicatenmantels erfüllte. Fort- und fortschreitende Abkühlung des letzteren ließ aber nach und nach auch in dem Meere eine größere Ruhe eintreten; die in ihm enthaltenen chemischen Verbindungen konnten dem Gesetze der Schwere folgen, sie senkten sich nieder auf den Meeresgrund, den Silicatenmantel, und erzeugten damit dann in Tausenden von Jahren jene Gesteinsmassen, welche wir, den plutonischen gegenüber,

die neptunischen, die normalen, die geschichteten oder die Sedimentgesteine nennen. Finden wir in diesen hie und da Erzlager, so darf uns auch das nicht Wunder nehmen. Die Silikate schlossen immer Metalloxyde, als Eisenoxyd, Kupferoxyd, Silberoxyd u. s. w. ein; diese Oxyde verwitterten mit jenen. Sofort aber gingen die Säuren des Wassers mit ihnen Verbindungen ein; es entstanden wieder Salze, als schwefelsaures Eisenoxyd (Eisenvitriol), schwefelsaures Kupferoxyd (Kupfervitriol) u. s. w., die, Anfangs im Wasser gelöst, später zur Abscheidung gelangten. Wurde diesen durch irgend welche Umstände der Sauerstoff wieder entzogen, so entstanden aus den schwefelsauren Salzen vielleicht Schwefelmetalle, wie z. B. der Schwefelkies oder das Schwefeleisen. Doch auf diese Verhältnisse und besonders die Entstehung der Erzlager durch allmählige Gesteinsmetamorphosen kommen wir später noch wieder zurück. —

Geschichtet nennen wir die allmählig aus dem Wasser zunächst als Schlamm niedergefallenen und später erhärteten Steinmassen. Es deutet das schon darauf hin, daß diese Massen nicht aus nur einer Schicht, aus einem sedimentären Erzeugniß bestanden, es zeigt vielmehr an, daß es sich hier um mehre Schichten handelt, und solche lehrt uns die Geologie denn auch in streng geregelter und bald mehr, bald weniger deutlich nachweisbarer Reihenfolge kennen. Die fortschreitenden geognostischen Untersuchungen haben den Nachweis geliefert, daß in Amerika dieselbe Reihenfolge der Schichten aufzufinden ist, als auf unserm Continent; wir schließen daraus auf über den ganzen Erdball verbreitete Entstehungsursachen derselben und ob sich auch diese oder jene Schicht hier stärker, dort weniger kräftig entwickelt zeigt, hier vielleicht eine Mächtigkeit von Tausenden von Fußen besitzt, dort kaum angedeutet ist, hier scharf von den benachbarten Schichten getrennt ist, dort in kaum nachweisbarer Weise in dieselbe übergeht, über die Entstehungsart derselben kann man nicht zweifelhaft sein. Sie senkten sich aus dem Meere, welches wir uns schon in einzelne Becken eingeschlossen zu denken haben, nieder, und je nach dem größern oder geringern Gehalte der Wasseransammlungen an diesen oder jenen festen Bestandtheilen oder Salzen, — Verschiedenheiten, die wir auch noch heutigen Tages in verschiedenen Meeresbecken auffinden —, mußten die Niederschläge selbst

verschieden sein hinsichtlich ihrer Mächtigkeit sowohl, als ihrer Qualität. — Aber das Innere des Erdballs ruhte, wie oben schon angedeutet, während der langen Bildungsperiode dieser Sedimentgesteine nicht; wäre dem so gewesen, so würde, wie von Humboldt sagt, „die Oberfläche unseres Planeten aus gleichförmig über einander gelagerten Schichten bestehen, die Continente würden von Pol zu Pol, unter allen Himmelsstrichen das traurig einförmige Bild der südamerikanischen Llanos oder der nordasiatischen Steppen darbieten.“ Die plutonischen Massengesteine wurden vielmehr durch die unterirdischen Kräfte von Zeit zu Zeit noch mächtig gehoben und diese Erhebungen und die dieselben begleitenden Erschütterungen trugen nicht nur die Gipfel der granitischen oder porphyrartigen Gesteine hoch in die Luft hinauf, sie bedingten auch Hebungen, Risse, Umstürze und Senkungen der schon gebildeten Sedimentgesteine, ein Grund, weshalb wir dieselben oft muldenförmig gestaltet finden, weshalb eine unterste Schicht neben den jüngern Schichten hie und da zu Tage liegend gefunden wird, weshalb hie und da sogar jüngere Schichten von älteren bedeckt gefunden werden. Denke man sich eine weite Fläche mit verschiedenen Schichten verschiedener Gesteinsmassen bedeckt, stelle man sich ferner vor, daß von unten herauf eine festere Gesteinsmasse mit furchtbarer Gewalt durch diese einzelnen Schichten emporgedrängt wird, so werden in der Umgebung dieses Keils die Schichten gleichzeitig eine Hebung erfahren; die unterste Schicht wird dicht an dem Keil oben zu Tage liegen, oder auch ein Umsturz der Schichten in der Weise erfolgt sein, daß eine tiefere gehobene Schicht eine höher gelegene begräbt. So findet sich bei Hohnstein in Sachsen eine granitische Eruptionsmasse über von ihr umgestürzten Sedimentgesteinen; so findet sich am Harze die von Eruptionsgestein gehobene Grauwacke über buntem Sandstein gelagert. *) Nicht aber nur in der Lagerung, der Formation im Großen, auch im Kleinen sind die Sedimentgesteine durch ihre äußere Form leicht von den plutonischen Gesteinsmassen zu unterscheiden. Sie haben im Allgemeinen eine mehr schiefrige Structur, zeigen, der Entstehung gemäß, ein blätter-

---

*) (S. Roßmäßler „Versteinerungen“ pag. 78).

artiges, oft nur locker zusammenhängendes Gefüge und es bedarf nur der Erinnerung an den allbekannten Granit und an den allbekannten Thonschiefer, um sofort die äußere Verschiedenheit beider großen Classen von Gesteinsmassen anschaulich zu machen. —

Gehen wir nun in Kürze die einzelnen und hauptsächlichsten Schichten der Sedimentgesteine durch, so finden wir zu unterst, unmittelbar auf dem Silicatenmantel gelegen die s. g. Schiefergruppe, Gesteine, welche insonderheit durch ein schiefriges und je tiefer gelegen, desto mehr durch ein krystallinisches Gefüge ausgezeichnet sind. Es gehören hierher insonderheit der Gneiß, der Glimmerschiefer, der Thonschiefer, Chloritschiefer u. s. w. Hie und da hat man diese „krystallinischen Schiefer" wohl für oberflächlichste Theile des Silicatenmantels selbst gehalten und ihr eigenthümliches, feinkörniges, krystallinisches Gefüge aus einer verhältnißmäßig raschern Abkühlung der äußersten Oberfläche der Erdkruste erklären zu müssen geglaubt. Es ist jedoch mehr als wahrscheinlich, daß sie durch Niederschläge aus noch heißen Wassern entstanden, und zwar zu einer Zeit, wo der Silicatenmantel noch eine beträchtliche Hitze besaß. Durch diese Hitze oder auch durch neue hervordringende feurig-flüssige Massen wurden die aus dem Wasser schlammartig niedergeschlagenen und unter großem Druck erhärteten Massen in ihrer Form verändert und erlangten eben jenes eigenthümliche krystallinische Gefüge, welches wir bei höher gelegenen Sedimentschichten nicht finden. Insonderheit der Gneiß ist durch ein solches ausgezeichnet; wir werden später noch einmal darauf zurückkommen. Dem Material nach bestehen alle diese Schiefer fast durchaus aus denjenigen Verbindungen, welche den Silicatenmantel selbst bilden, und die Ansicht, daß sie nichts anderes, als die erhärteten Verwitterungsmassen desselben darstellen, wird dadurch ebenfalls wieder mehr als wahrscheinlich. Der Gneiß ist ebenso zusammengesetzt, wie der Granit, enthält aber vorwiegend Glimmer; der Glimmerschiefer ist ein deutliches Gemenge aus Glimmer und Quarz; der Chloritschiefer besteht aus kieselsaurer Thonerde nebst kieselsaurer Talkerde, und ist durch eine Beimischung von Eisenoxydul grünlich gefärbt; der Thonschiefer endlich, welcher namentlich in der Form des Dachschiefers bekannt ist, ist ein undeutliches Gemenge von Quarz, Feldspath, Glimmer und Talk. Schied sich mit der Thon-

erde vorzugsweise Kieselerde aus, so entstanden Kieselschiefer und Jaspis, wurde viel Talkerde mit abgesetzt, so entstand der Talkschiefer. So finden wir hier überall dieselben chemischen Verbindungen und Elementarstoffe, welche wir als Bestandtheile der plutonischen Bildungen kennen gelernt haben.

Doch steigen wir höher hinauf. Der ersten Sedimentschicht folgt die zweite; mit dem Namen der Grauwackengruppe wird dieselbe in der Geologie bezeichnet. Man unterscheidet einen Grauwackenschiefer und Grauwackensandstein, eine untere und eine obere Grauwacke. Ueberall bilden aber Kieselerde und Thonerde die wesentlichsten Bestandtheile; nur in den obern Lagen findet sich neben ihnen namentlich Kalk; ein rothgefärbter Sandstein bildet den Uebergang zu der dritten Schicht, der Kohlengruppe. Wie überall bei der Betrachtung der einzelnen Sedimentgesteine, so würde es uns auch hier zu weit führen, die einzelnen Bestandtheile, Lagerungen, Abtheilungen u. s. w. der Gruppe durchzugehen; wir müssen in dieser Beziehung ausführlichere geologische Werke zu Rathe ziehen. Nur das sei noch erwähnt, daß der Name der ganzen Grauwackengruppe hergenommen ist von einzelnen auf den Feldern umherliegenden grauen Sandsteinblöcken, die als „Wacken“ bekannt sind.

Das waren die ersten beiden größeren Sedimentgesteinschichten, welche den Silicatenmantel deckten. Millionen von Jahren waren zu ihrer Bildung erforderlich. Die Abkühlung der durch sie selbst immer mächtiger werdenden festen Erdhülle schritt während dieser Zeit aber fort und eine gleichzeitige zunehmende Verdichtung des Wasserdampfes der Atmosphäre war eine natürliche Folge davon. Dieses Ereigniß war für die weitere Entwicklung des Erdkörpers von großer Bedeutung. Der ihn umhüllende Gasraum klärte sich mehr und mehr, er nahm mehr und mehr die Beschaffenheit der heutigen Atmosphäre an, und während früher viele Stoffe noch in Gasform in ihm enthalten waren, blieben jetzt Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure und Wasserdunst, und neben ihnen vielleicht die Stickstoff-Wasserstoffverbindung, welche wir als Ammoniak kennen gelernt haben, als die wesentlichen Bestandtheile desselben allein zurück. Jetzt ward es Licht; das schon in die Welt hineinstrahlende Sonnenlicht vermochte bis auf die Oberfläche des Erdkörpers durch

die gelichtete Atmosphäre hindurch vorzudringen, und mit beredter Sprache geben uns gleichzeitig die mannigfachen Versteinerungen von Pflanzen und Thieren, die wir in der Grauwacke auffinden, Zeugniß davon, daß auch in dieser Zeit die erste Schöpfung organisirter Körper Statt hatte. In den vereinten Elementen trat allmählig eine relative Ruhe ein; die Temperatur des Gasraums sank unter 60° R.; auf den inselförmig aus dem Meer hervorragenden Punkten der sedimentären Schichten, an den Ufern des Meeres begann ein reiches thierisches und pflanzliches Leben.

Die enorme Mächtigkeit der Steinkohlenlager spricht dafür, daß den Erdball damals stellenweise ein ungeheurer Urwald mächtiger Stämme, wie wir sie heutigen Tages kaum mehr finden, schmücken mußte, denn nur in dieser Weise ist die Entstehung jener mächtigen Kohlenlager, die dem verkohlten und später versteinerten Holz ihren Ursprung verdanken, erklärlich. Denke man sich unter dem Urwalde damaliger Zeiten aber nicht einen Laubwald, wie wir ihn heutigen Tages finden. Zu jener Zeit entwickelten sich ganz andre Arten von Pflanzen zu mächtigen Stämmen, als in unsern Tagen; in diesen Arten luxuriirte die Natur, während sie andererseits noch arm war in der Mannigfaltigkeit ihrer Produkte. Es waren fast nur Farrn, Schafthalme oder Equisetaceen, Lycopodiaceen und wenige Nadelholzarten, die den Urwald bildeten, Pflanzenarten, die heutigen Tages zum Theil und in unserer Zone kaum die Höhe von einigen Fußen erreichen. Und aus der Thierwelt waren es ebenfalls nur niedere Gattungen, deren Existenz uns durch die Archive jener Urwelt nachgewiesen wird, so die der Polypen, der Strahlthiere, der Seemuscheln u. s. w. Vögel und Säugethiere gab es noch nicht; bei einer Temperatur über 40° R., in einer mit Kohlensäure überladenen Atmosphäre würden diese andauernd noch nicht haben existiren können. Auf dieses Reich der damaligen organisirten Körper, deren Aufbau die Bildung ternärer und quaternärer Verbindungen erforderte, kommen wir jedoch später zurück. Hier mußte derselben nur deshalb Erwähnung geschehen, um die weitern Umänderungen des Urmeers und des großen Gasraumes über demselben verständlich zu machen.

Wir vermutheten oben, daß das Meer ursprünglich reich an Säuren gewesen sein und deshalb eine saure Reaction besessen haben

möchte. Diese Reaction bot es jetzt wohl nur noch im geringen Grade dar; die meisten Säuren hatten sich mit basischen Oxyden zu Salzen verbunden und diese befanden sich, zum Theil wenigstens, in Lösung in dem Meere enthalten. Nur die Kohlensäure war in einer so reichen Menge vorhanden, daß sie als solche noch im Meerwasser existirte und dasselbe dadurch befähigte, eine große Menge von Kalkerde aufgelöst zu erhalten, eine Menge, mit der sie zu kohlensaurer Kalkerde oder Kreide später verbunden, die enormen Kreidemassen bilden konnte, die uns hie und da als Felsen entgegentreten. Und auch den die Erde umhüllenden Gasraum haben wir uns als damals überreich an Kohlensäure vorzustellen. Sie war es eben, die dem Erstehen einer mächtigen Pflanzenwelt vorzugsweise förderlich war; ihr Kohlenstoff diente derselben als das Hauptbildungsmaterial, und während dieser selbst in der Pflanze fixirt wurde, kehrte ihr Sauerstoff, wie es noch heutigen Tages geschieht, in die Atmosphäre zurück. So verblieb der Atmosphäre jenes Lebenselement der Thierwelt, der Sauerstoff, während der Stoff, welcher in Verbindung mit ihm die Luft irrespirabel für thierische Organismen machte, der Kohlenstoff, gefesselt in anderweitiger chemischer Verbindung vom Reiche der organisirten Körper zurückgehalten wurde. Erst in unserer Zeit graben wir mit den Steinkohlen den Kohlenstoff der damaligen Zeit wieder hervor und führen ihn, indem wir die Steinkohle verbrennen, in Form der Kohlensäure wieder in die Atmosphäre zurück. Damit geben wir unserer Pflanzenwelt neue Nahrung, eine Nahrung, welcher sie bedarf, wenn sie den Anforderungen der Thierwelt und der rastlos thätigen Menschheit genügen soll; wir eröffnen uns so, indem wir die Schätze vergangener Welten zur Förderung unserer Wohlfahrt und unserer Erwerbszweige verwenden, fast unbewußt eine neue Quelle unserer Existenz.

Ein endloses Bilden und Schaffen organischer Verbindungen hatte also damals auf dem Boden der Schiefer- und Grauwackengruppe Statt. Wälder von ungeheurer Mächtigkeit erstanden; das Meer belebte sich mit Tausenden von niedern Thiergattungen. Aber dieser Zustand der Erde sollte noch kein bleibender sein. Nach einer Zeit lang Ruhe erfolgte eine Reihe mächtiger Umwälzungen, deren Resultat der Untergang vielleicht der gesammten, jedenfalls aber eines großen

Theils der damaligen Pflanzen- und Thierwelt war. Ueber die Ursachen dieser Umwälzungen ist man eben so sehr im Unklaren, wie über die vulkanischen Erhebungen und Ausbrüche heutigen Tages. Die Annahme, daß das eingedrungene Wasser, in Dampf verwandelt, als furchtbar hebende Kraft eingewirkt habe, ist wenig begründet und kaum zulässig. Wie dem aber auch sei, durch mächtige unterirdische Gewalten gehoben, brach sich die feurig-flüssige Masse des Erdkerns Bahn, brach sie aus den schon vorhandenen Erdspalten hervor oder hob mit furchtbarer Kraft die schon abgesetzten neptunischen Schichten empor, um sie zu Bergen ansteigen zu lassen, oder sie geradezu zu durchbrechen. So entstanden neue Hebungen und gleichzeitig auch neue Senkungen oder Vertiefungen, in welche das Meer eindringen konnte; und in diesen eben finden wir jetzt jene mächtigen Reste urweltlicher Vegetationen, welche die schon erwähnte Steinkohlenschicht bilden. Es herrschen hier verschiedene Ansichten. Entweder verkohlte in den glühenden Laven Alles, was Holz oder Baum war und Millionen verkohlter Baumstämme mochten auf dem zischenden und sprudelnden Meere umherschwimmen; oder es bildeten sich die jetzt als Steinkohlen bekannten Massen auf nassem Wege mit Hülfe der Schwefelsäure, eine Ansicht, die nach Humboldt und Göppert (Kosmos I. pag. 468) und nach den neueren Untersuchungen über Steinkohlenbildung die wohl allein zulässige ist. Jene mächtigen Steinkohlenlager, die wir in England, in der Pfalz u. s. w. finden, waren aber sicher nicht das Ergebniß einer einzigen Vegetationsperiode. Tausende von Jahren waren vielmehr zu ihrer Bildung erforderlich. Eine neue Vegetation folgte der andern durch Wasserfluthen und Zerreißungen des Erdmantels durch plutonische Eruptionsmassen begrabenen. Und dann auch war zuverlässig die Steinkohlenbildung noch nicht sofort vollendet, das Holz unterlag vielmehr einem langsamen Oxydationsproceß und bildete so erst in langen Zeiträumen die fraglichen Massen. Doch auch darauf kommen wir unten zurück.

So also entstand die dritte Hauptschicht der Sedimentgesteine, die Steinkohlenschicht. Bis oft zu mehr als 100 Fuß Mächtigkeit entwickelt finden wir dieselbe unten von dem s. g. alten rothen Sandstein, oben von einem ebenfalls rothen Sandstein, dem s. g. Rothliegenden, begränzt; vielfach ist sie selbst durchmischt mit Kalk- und

Sandstein; Kohlenkalk oder Kohlensandstein gingen aus dieser Vermischung hervor.

Mit dem Hervordringen der Laven und ähnlicher Eruptionsmassen waren dem immer noch an Säuren reichen Meere jetzt neue Materialien zu neuen chemischen Verbindungen dargeboten. Geschwängert mit den Verwitterungsmassen der damaligen Erdoberfläche konnte das Meer von Neuem große Mengen von Schlamm absetzen; neue Schichtenbildung konnte erfolgen, und was wir als Zechsteingruppe, was wir ferner als Trias-, Jura- und Kreidegruppe bezeichnen, fand jetzt in einer wieder langen Reihe von Jahrtausenden seine Entstehung. Man faßt diese letztgenannten drei Gruppen, gegenüber den frühern Niederschlägen, als die einer zweiten Periode unter der Bezeichnung der secundären oder Flötzgebirge zusammen; andrerseits unterscheidet man in ihnen wieder die mannigfachsten Unterabtheilungen oder kleinern Schichten. So trennt man die Triasgruppe überall in die Schicht des bunten Sandsteins, des Muschelkalkes und des Keupers; so die Juragruppe in den untern schwarzen Jura oder Lias und den obern braunen oder hellen; so ferner die Kreide in den Wälderthon (Wealdbildung), Quadersandstein und die eigentliche Kreide. Doch auch darauf können wir hier nicht näher eingehen. Nur in aller Kürze sei es noch erwähnt, daß die wenig ausgedehnte Zechsteingruppe insonderheit von einem dunkeln, bituminösen Mergelschiefer mit häufigem Kupfererzgehalt gebildet wird; daß die Trias-Gruppe ihren Namen von ihren wesentlichen drei Abtheilungen: dem bunten Sandstein, dem Muschelkalk und dem Keuper, erhielt; daß der bunte Sandstein wieder von den verschiedenen Farben des Sandsteins seinen Namen trägt, der Muschelkalk von den vielen in Kalk eingeschlossenen Muscheln, der Keuper aber namentlich aus Steinsalz und Gyps (schwefelsaurem Kalk) besteht; daß die auf die Trias folgende Juragruppe sich durch vorherrschenden Gehalt an Kalk, der mit Dolomit, Mergel, Thon und Sandstein wechselt, auszeichnet und in ihren oberen Schichten meistens aus weißem, an versteinerten Korallen reichem Kalkstein besteht; daß die Kreidegruppe endlich der Hauptmasse nach eben aus kohlensaurem Kalk (Kreide) besteht, hie und da 600—900 Fuß mächtige Lager bildet und vielfach den

Feuerstein eingeschlossen enthält, der aus den Kieselpanzern von Infusorien gebildet ist.

So folgte Schicht auf Schicht; ein neuer Niederschlag aus den mit festen Verwitterungsmassen gefülltem Meere oder auch aus schon bestehenden süßen Wassern deckte den andern; Generationen auf Generationen von Pflanzen und Thieren wurden begraben; bis endlich auch hier wahrscheinlich abermals eine Reihe größerer und mächtigerer Eruptionen aus dem Erd-Innern eine neue größere Umwälzung und Veränderung der allgemeinen Verhältnisse des Erdkörpers veranlaßte. Die alte Welt wurde abermals begraben; eine neue fand abermals ihre Entstehung. Es war die Braunkohlen- oder Molassegruppe, welche als s. g. Tertiärformation zunächst aus den Resten der zerstörten Welt gebildet wurde; mächtige Lager begrabener Pflanzen und Thiere geben auch hier wieder Zeugniß von den organischen Bildungen, welche das Erdreich zu jener Zeit bewohnten. Ein grober, lockerer Sandstein, welcher in der Schweiz „Molasse" genannt wird und ein wesentlicher Bestandtheil dieser Gruppe ist, gab derselben ihren Namen; neben ihm ist sie ausgezeichnet durch einen Kalkstein mit grobem Korn, den s. g. Grobkalk, und vor Allem durch die aus den begrabenen Baumstämmen gebildete und der Steinkohle oft sehr ähnliche Braunkohle. — Und endlich folgte auch hier wieder eine Zeit größerer Ruhe; ein massenhaftes Sediment wieder sollte auch die Braunkohlengruppe begraben; aus den Verwitterungsmassen der damaligen Erdoberfläche ging diejenige Schicht hervor, welche wir als die oberste, die Diluvialschicht bezeichnen. Sie bildet in Verbindung mit dem noch fortwährend aus Flüssen und Meeren gebildeten Schlammabsätzen, dem s. g. Alluvium, einen großen Theil der heutigen festen Erdoberfläche; auf ihnen lebt und webt das heutige Geschlecht. Mächtige Bergmassen ragen hier als Denkmäler vormaliger Umwälzungen und plutonischer Erhebungen hervor; Regen und Luft bewirken jetzt an diesen, was früher das Meer bewirkte, die fortschreitende Verwitterung; aus den Producten dieser Verwitterung baut sich zum Theil unsere Dammerde auf, der wir die Producte vergangener Jahrhunderte und Jahre übergeben, damit sie den Stoff für neue Generationen liefern. Eine Generation nach der andern im Pflanzen- wie Thierreich stirbt ab, sie

kehren alle in das Reich der unorganischen Welt, aus dem sie selbst hervorgingen, zurück. Aber der Stoff ruhet nicht. Jene abgestorbenen Generationen liefern das Material für wieder neue und neue Generationen und damit werden wir hingeführt auf den ersten Begriff des Stoffkreislaufs, der in seinen tausenden von Wegen das Bestehen der jetzigen Welt bedingt. — Meeressandsteine, Kalktuffe, Rasen- und Eisenerze, Torf- und Infusorienlager sind es, die die wesentlichen Bestandtheile des Alluvialbodens bilden; aus mergeligem oder sandigem Lehme sind zum größten Theil die Diluvialschichten zusammengesetzt.

Es würde, wie schon oben erwähnt, zu weit führen, wollten wir die einzelnen sedimentären Schichten der Erdkruste nach ihrer Zusammensetzung genau schildern. Wir würden damit viele Bogen füllen müssen und ganz auf das Gebiet der Geologie und Mineralogie gerathen. Ich verweise zum weiteren Studium dieser Verhältnisse zunächst auf die gedrängte Darstellung in Schödler's „Buch der Natur," auf C. Vogt's Lehrbuch der Geologie, auf Burmeister's Schöpfungsgeschichte, auf Bronn's Lethaea geognostica u. s. w.; hier beschränke ich mich darauf, eine übersichtliche Darstellung der Reihenfolge der sedimentären Schichten zu geben, deren Festhalten leicht möglich sein und zum Verständniß folgender Vorträge genügen wird. — Was ich darzulegen beabsichtigte, ist, so hoffe ich, auch schon durch die kurzen Andeutungen dieses Vortrags erreicht: die Hervorbildung der Erde in ihrem jetzigen Zustande aus einem wilden Chaos unverbundener Elemente, die Reduction dieser sämmtlichen Vorgänge auf physikalische und chemische Gesetze, die Gewißheit endlich, daß der Erdkörper in seiner jetzigen Gestalt erst in Millionen von Jahren seine Entstehung fand und zwar nicht in einer ebenmäßig fortschreitenden Entwicklung, sondern in gewissen, durch große Revolutionen bedingten Zeitabschnitten oder Perioden.

Die Uebersicht der Reihenfolge der einzelnen Schichtgesteine würde, wenn wir von unten beginnen, folgende sein:

1. Schiefergruppe: Gneiß, Glimmerschiefer, Thonschiefer. — Urgebirge.

<table>
<tr><td>2. Grauwackengruppe: Untere und obere Grauwackenbildung.</td><td rowspan="3">Uebergangsgebirge.</td></tr>
<tr><td>3. Kohlengruppe: Rothsandstein, Steinkohlenbildung, Rothliegendes.</td></tr>
<tr><td>4. Zechsteingruppe: Zechsteinbildung.</td></tr>
<tr><td>5. Triasgruppe: Buntsandstein-, Muschelkalk- und Keuperbildung.</td><td rowspan="3">Secundäre oder Flötzgebirge.</td></tr>
<tr><td>6. Juragruppe: untere und obere Jurabildung.</td></tr>
<tr><td>7. Kreidegruppe: Wealdbildung, Quadersandstein, Kreide.</td></tr>
<tr><td colspan="2">8. Molassegruppe: Untere Braunkohlen-, Grobkalk-, obere Braunkohlenbildung. — Tertiäre Gebirge.</td></tr>
<tr><td colspan="2">9. Alluvium und Diluvium: Quaternäre Gebirge. —</td></tr>
</table>

Die eigene Anschauung dieser verschiedenen Bildungen in unsern kleineren und größeren Museen wird besser, als alle Beschreibung, einen richtigen Begriff von denselben verschaffen; wir sehen dort bruchstückweise die Erdkruste vor unsern Augen entblättert, und Nichts vermag so sehr als diese unmittelbare Betrachtung das Interesse für die Mineralogie und weiterhin die Geologie zu beleben. Möchten in der That doch die heutigen Tages in so vielen Orten befindlichen naturhistorischen Museen eine allgemeinere und größere Theilnahme und Aufmerksamkeit erfahren! — Dem allgemeinen Ueberblick ist die schematische, bildliche Darstellung von einem Durchschnitt der Erde förderlich; wir lassen eine solche deshalb nachstehend folgen.

Wir haben in Obigem nur die ziemlich allgemein gültigen Hauptgruppen der Schichtengesteine namhaft gemacht. Die Geologen unterscheiden jedoch in jeder derselben noch wieder mannigfach verschiedene Unterabtheilungen, einige Geologen, und insonderheit die Engländer, bedienen sich auch anderer Bezeichnungen der Hauptabtheilungen und anderer Eintheilungen überhaupt. Um das Verständniß andrer Schriften,

so wie auch der folgenden Vorträge, in dieser Beziehung zu erleichtern, lassen wir nachstehend zunächst die von Sir H. de la Bèche gewählte Eintheilung, so wie sie von ihm in seiner „Vorschule der Geologie" gegeben ist, folgen:

Geschichtete, Versteinerungen führende Gesteine in der Reihenfolge von oben nach unten.

I. Quaternäre Periode: oberflächliche Ablagerungen der jetzigen und der jüngst vergangenen Zeit über den regelmäßig geschichteten Gesteinen, Diluvium und Alluvium.

II. Tertiäre Periode:
A. Jüngere oder Pleiocene Periode.
B. Mittlere oder Meiocene,
C. Aeltere oder Eocene Tertiärperiode. *)

III. Secundäre Periode:
A. Jüngere Secundärperiode.
Kreidegruppe. Mastricht-Schichten. Obere Kreide (oberer Quadersandstein). Untere Kreide, Kreidemergel (Plänerkalk). Oberer Grünsand (unterer Quadersandstein). Gault. Unterer Grünsand (Neocomien).
B. Mittlere Secundärperiode.
Wälderthon, Hastingsand, Purbeckschichten } Wälderthongruppe. **) Eine Süßwasserbildung.
Oberer Jura, weißer Jura.
Portlandstein

*) Von dieser Schicht sagt v. Humboldt im Kosmos I, pag. 289, „daß sie den Namen der Eocen-Periode eigentlich nicht verdiene, da die Morgendämmerung der mit uns lebenden Natur viel tiefer in die Geschichte der Erde hinabreicht, als man bisher geglaubt hatte."

**) Die Wälder- oder Weald-Gruppe hat ihren Namen von den Mooren (wealds) von Kent und Sussex, in denen sie sich findet. — Die Weald- und Jura-Gruppe faßt man auch unter dem Namen der Oolithen-Gruppe zusammen; diese Bezeichnung stammt von einem hervorragenden Bestandtheile derselben, dem Oolith (Eierstein), einem Kalkstein, der aus einem Gemenge kleiner Kügelchen, die Aehnlichkeit mit einem Eierklumpen oder Fischrogen haben, besteht.

Portlandsand.
Kimmeridge-Thon.
Mittlerer Jura, brauner Jura.
Coralrag (Korallenthon).
Oxfordthon mit Kelloway.
Cornbrash.
Forestmarble und Bath-Oolith.
Fullersèrde (Walkererde), Thon und Kalkstein.
Unterer Oolith.
Leias oder schwarzer Jura.

C. Aeltere Secundärperiode.
Triasgruppe.
Keuper.
Muschelkalk.
Bunter Sandstein.

IV. Primäre oder paläozoische Periode.

A. Jüngere paläozische Periode.

Zechsteingruppe. Rothliegendes	Zechsteingruppe oder Kupferschiefergebirge, Permisches System. *)
Oberer Kohlenschief. Steinkohlengebirge. Kohlensandstein. Kohlenkalkstein. Unt. Kohlenschiefer.	Steinkohlengruppe.

B. Mittlere poläozoische Periode.

Posidonienschiefer. Cypridinenschiefer. Orthoceratenkalk. Schaalstein. Stringocephalenkalk. Spiriferensandstein.	Jüngere Grauwackengruppe oder Uebergangsgebirge, Devonisches System. **)

*) Der Name „Permisches System" stammt von dem ehemaligen Permischen Reiche in Rußland, weil dort diese Schicht insonderheit mächtig entwickelt ist.

**) Der Name „Devonisches System" stammt von der Grafschaft Devon-

C. Aeltere paläozoische Periode.

Obere böhmische Schichten Ludlow- und Wenlock-Schichten.	Aeltere Grauwacken-gruppe oder älteres Uebergangsgebirge. Silurisches System. *)	Jüngeres silurisches System.
Untere böhmische Schichten, Caradoc—Sandstein—Llandeilo—Flags.		Aelteres silurisches System.

Bronn theilt in seinem jetzt in der dritten Auflage erschienenen und mit Römer gemeinschaftlich bearbeiteten Werke, der „Lethaea geognostica," die Schichtgesteine von unten nach oben folgendermaßen ein:

I. Kohlen-Periode.

1. Untere silurische Formation.
2. Obere „ „
3. Devonische Formation.
4. Bergkalk.
5. Kohlen-Formation.
6. Todtliegendes.
7. Zechstein.

II. Salz-Periode.

8. Buntsandstein.
9. Muschelkalk.
10. St. Cassianer Formation.
11. Keuper.

III. Oolith-Periode.

12. Lias.
13. Unterer Jura.
14. Oberer Jura.
15. Wealden-Formation.

IV. Kreide-Periode.

16. Neocomien.
17. Grünsandstein.
18. Kreide.

V. Molasse-Periode.

19. Nummuliten-Gesteine.
20. Untere } Molasse.
21. Mittlere } Molasse.
22. Obere } Molasse.
23. Diluvialbildungen.

VI. Neue Periode.

24. Alluvium.
25. Jetzige Bildungen.

---

shire, wo diese Schicht sehr entwickelt ist. Der Posidonienschiefer hat seinen Namen von einer Muschel, der Posidonyma Becheri, die vorzugsweise und fast allein hier gefunden wird. Der Cypridinenschiefer von der hier fast allein vorkommenden Versteinerung der Cypridina; der Orthoceratenkalk von den Orthoceraten; der Stringocephalenkalk von Stringo- oder Strygocephalus Burtini, der Spiriferensandstein von den hauptsächlich in ihm gefundenen Spiriferen.

*) Nach der Gegend des westlichen Englands, wo zur Zeit der Römer die Silurier wohnten und wo diese Schicht zu Tage liegt, benannt.

Dritter Vortrag.

Die Metamorphosen der Erdrinde.

Für die Laplace'sche Theorie der Bildung unseres Sonnensystems wurden im zweiten Vortrage die hauptsächlichsten Wahrscheinlichkeitsbeweise beigebracht. Zum Schutze der vorgetragenen Theorie der Erdbildung bedarf es noch einiger weniger Bemerkungen, denn keineswegs hat sie sich schon seit langer Zeit einer allgemeinen Anerkennung zu erfreuen gehabt.

Es war ein langer Streit, „ob Wasser oder Feuer die Wiege der Erde gewesen sei." Die Einen huldigten der vorzugsweise durch den Professor Werner in Freiberg († 1817) vertheidigten neptunistischen Theorie und suchten die Bildung der gesammten Erdoberfläche als eine aus dem Wasser hervorgegangene und durch dasselbe bedingte zu erklären. Alle Gebirgsarten waren nach ihnen als Niederschläge aus den bald anschwellenden, bald zurücksinkenden Wasserfluthen zu betrachten; Thäler entstanden durch Erosionen in der Erdrinde; auf den Bergen gefundene Versteinerungen waren dort von dem Meere zurückgelassen. Die Andern wandten sich der zunächst von dem Engländer Hutton hervorgehobenen und später von Playfair, Hall und Watt vertheidigten plutonistischen Theorie zu und wollten nicht nur die sog. ungeschichteten oder Massengesteine, sondern auch viele der sog. Sedimentgesteine als aus feurigen Flüssen entstanden deuten. Die feuerflüssige Masse, so wähnte man, sei aus dem Innern der Erde hervorgedrungen und habe sich dann auf dem Boden des Meeres in horizontaler Richtung aus=

gebreitet. *) Der Streit hat jedoch sein Ende erreicht, denn ob auch einzelne der Erklärung bis dahin schwer zugängliche Formationen oder Erscheinungen in der Gestaltung der Erdoberfläche existiren, ob es auch schwer fällt über ihre Entstehung auf feurigem oder nassem Wege mit Bestimmtheit zu entscheiden, sie werden das nicht umstoßen, was durch die sich anhäufende Menge geologischer Thatsachen und Beobachtungen in immer unzweifelhafterer Weise hervortritt, was durch identische Vorgänge in der Gegenwart und vor unsern Augen zu einer wohl absoluten Gewißheit erhoben wird. Die nüchternste Anschauung wie die emsigste Forschung werden weder das Feuer, noch das Wasser allein, sie werden beide als die Bildungsmittel der Erdoberfläche anerkennen müssen. Was schon Nicolas Steno in seinem Prodromus einer Dissertation über die in den Gesteinsschichten auf natürliche Weise eingeschlossenen festen Körper im Jahre 1669, was Leibnitz in seiner Protogaea **) aus wenigen Beobachtungen mehr ahnend, als beweisend über die Bildung der Erdoberfläche niederschrieben, wird immer und für alle Zeiten die Grundzüge und leitenden Gesichtspunkte einer wissenschaftlichen Geologie enthalten. Wo man plutonische oder vulkanische Gesteinsmassen, wie in Schottland den Granit, in Deutschland bei Eisenach und an der Werra den Basalt, sedimentäre Schichtgesteine von unten nach oben durchbrechen, die letzteren aber, von der andringenden Gewalt gehoben, in verschiedene, bald mehr, bald weniger senkrechte Lagerung gebracht sieht, drängt sich nur zu unwillkürlich die Ansicht auf, daß jene Massen durch unterirdische Kräfte emporgeschoben oder in feurig-flüssigem Zustande in Gängen hervorbrechend die Wasserbildungen durchsetzt haben. Die verschiedenen Lagerungen der Schichtgesteine gegeneinander, deren sog. Streichungslinien und Einfallswinkel geben einen deutlichen Beweis für die zu verschiedenen Zeiten stattgefunden habenden Hebungen; die auf den Gipfelpunkten plutonischer Massengesteine in Bruchstücken von Sedimentgesteinen vorkommenden Versteinerungen von Seethieren, Muscheln u. s. w., die ursprünglich den tiefer liegenden Sedimentgesteinen

---

*) Ausführlicheres über diese Theorien s. in C. Vogt's Lehrbuch der Geologie, Bd. II, pag. 571 fg.

**) S. Tellkampf l. c.: „Leibnitz über die Bildung der Erdoberfläche.“

angehörten, würden dort nicht gefunden werden, wenn sie nicht bei dem Durchbruch der erstern durch die letztern mit fortgerissen und in die Wolken hinaufgetragen wären. In der Schweiz begegnet man solchen Versteinerungen 10,000 Fuß, in den Anden 12,000 Fuß *) und im Himalaya sogar 16,000 Fuß hoch über der Meeresfläche. Sollten noch Viele mit Werner der Ansicht sein, daß Wasserfluthen bis zu dieser Höhe hinaufgedrungen seien und die in ihnen lebenden Organismen dort zurückgelassen haben? — Daß ferner die Basalte in der That in feurig-flüssigem Zustande hervorbrechen, dafür sprechen die ihre Gänge umgebenden Schmelzungsprodukte sedimentärer Gesteinsmassen oder organischer Bildungen; so der geschmolzene kohlensaure Kalk (Marmor) in Irland (Belfast) oder die in Anthracit verwandelte Braunkohle bei Aussig in Böhmen (s. u.); dafür legen ferner die Kuppen, welche die Basalte über ihrer Ausbruchsöffnung als flüssige Laven bildeten, Zeugniß ab. Unsere jetzigen Vulkane, deren Erhebungen und deren feurig-flüssige Laven geben ein unzweifelhaftes Bild von den ähnlichen Vorgängen urweltlicher Zeiten. Und können wir das aus der Temperaturzunahme der Erdoberfläche von außen nach innen, so wie aus den glühenden Ergüssen der Laven mit Recht vermuthete glühende Innere der Erdkugel anders betrachten, als den Rest des einst überall und auch oberflächlich glühenden Erdballs? — Von der Bildung der Sediment- oder Flötzformationen andrerseits geben uns die Travertino-Schichten, die wir aus kalten Quell- und Flußwassern sich täglich bilden sehen „ein wenn auch nur schwaches Bild." **) Der in jenen Wässern gelöste kohlensaure Kalk (Kreide) schlägt sich, sobald sich ein Theil der Kohlensäure an der Luft verflüchtigt hat, als Sediment nieder, überzieht und incrustirt alle Gegenstände, die sich auf dem Boden befinden und bildet zunächst ein weiches, an der Luft aber alsbald erhärtendes Gestein. So entstand in der Nähe Roms z. B. in einem Sumpfe bei San Filippo innerhalb 20 Jahren eine 30 Fuß mächtige Travertinmasse. Aehnliche, vorzugsweise Kieselerde haltende Niederschläge bilden sich aus kieselhaltigen Quellen, aus den sog. Geysern auf Island. —

---

*) S. v. Humboldt's Ansichten der Natur. 1849, II. pag. 338.
**) S. Kosmos I, pag. 260.

Die charakteristische äußere Form der einzelnen Gesteinsmassen selbst, die massige, ungeschichtete, unregelmäßige der plutonischen und vulkanischen Bildungen, die geschichtete, meist schiefrige der Sedimentformationen birgt einen weiteren Wahrscheinlichkeitsgrund für die doppelte Entstehungsweise der Erdoberfläche in sich; die gänzliche Armuth der erstern und der von unten nach oben zunehmende Reichthum der letztern an Versteinerungen thierischer und pflanzlicher Bildungen unterstützt die Annahme derselben auf's Wesentlichste. In jener Zeit, wo die granitischen und porphyrartigen Massen aus feurig-flüssigen Schlacken erhärteten, konnten noch keine Organismen existiren; erst nach weiterer Abkühlung des Erdmantels, zu einer Zeit, wo schon Wasser von weniger als 60° R. die Tiefen füllte, konnten dieselben entstehen und die Versteinerungen selbst lassen keinen Zweifel darüber, daß sie durch allmähligen Niederschlag allmählig erhärtender Massen aus dem Wasser um die einst lebenden organischen Formen herum oder in die durch Untergang derselben entstehenden Lücken hinein entstanden. — Einer der kräftigsten Beweisgründe für das Hervorgehen der Massengesteine aus einst feurigen Flüssen wird uns endlich noch durch die Thatsache geliefert, „daß der wichtigste Theil der einfachen Mineralien, welche sehr allge„mein verbreitete plutonische und vulkanische Eruptionsgesteine charak„teristren, schon krystallinisch und in vollkommner Gleichheit unter den „künstlichen Mineralbildungen aufgefunden worden ist.“ In den Schlacken unserer Schmelzöfen fand man Feldspath, Glimmer, Augit, Olivin, Hornblende und krystallisirtes Eisenoxyd (Eisenglimmer); in den chemischen Laboratorien gelang es Mitscherlich, Gaudin und Berthier Idokras und Granat, Rubin, Olivin und Augit zu erzeugen.*) Schon Leibnitz sagt in seiner, von Prof. Tellkampf kürzlich wieder ans Licht gezogenen Protogaea: „daß solche Thatsachen ganz geeignet sind, unsre Muthmaßung zu rechtfertigen, daß was *wir* als ein Spiel im Kleinen treiben, von der *Natur*, welcher Berge zu Destillirapparaten, Vulcane zu Oefen dienen, in großem Maßstabe ausgeführt werde.“

So halten denn auch wir an der aufgestellten Theorie fest. Kehren

---

*) S. Kosmos I, pag. 281 nebst Anmerkungen.

**) S. Tellkampf a. a. O. pag. 17.

wir jedoch noch einmal zur Betrachtung der Erdkruste und namentlich ihrer jetzigen Beschaffenheit zurück.

Was wir oben in einem flüchtigen Umriß entworfen haben, giebt uns gewissermaßen nur ein Bild von dem Gerüst, dem Skelett der Erdrinde. Wir haben die plutonischen Massengesteine als das Material der Gebirgskerne und höchstgehobenen Bergmassen kennen gelernt und uns die zwischen ihnen liegenden Thäler, als mit den allmählig aus dem Meere niedergeschlagenen Schichtgesteinen ausgefüllt, vorgestellt. Es findet sich aber bei einer nähern geognostischen Untersuchung ein solches Verhältniß keineswegs überall so klar ausgeprägt, wie es unserer einfachen Darstellung zufolge scheinen möchte. Wir finden an der äußersten Oberfläche Bildungen, deren Vorkommen uns räthselhaft erscheint; wir finden Bergmassen und einzelne Mineralien, deren Zusammensetzung und Entstehung wir uns nach den vorhergehenden Betrachtungen noch nicht erklären können, deren Namen uns noch nicht einmal bekannt wurde; wir finden jüngst entstandene Küstenländer und fragen mit Recht, woher das Material zu denselben genommen wurde? Doch die unaufhaltsam fortschreitende Wissenschaft hat uns die Erklärung der meisten der hier in Frage stehenden Verhältnisse schon geliefert. In den Millionen von Jahren, welche seit der Entstehung der ersten festen Erdrinde verflossen sind, erlitten insonderheit die sich nach und nach bildenden Schichtgesteine bald durch die Nähe des unterirdischen Feuers oder die Hebung der Massengesteine und mächtigen Druck, bald in Folge chemischer Zersetzung und Neubildung, bald wieder in Folge des langsam schleichenden Verwitterungsprocesses durch Luft und Regen fortdauernde Veränderungen in ihrer Lagerung und Gestaltung sowohl, wie in ihrer chemischen Zusammensetzung. Was wir heutigen Tages noch in gleicher, aber kaum bemerkbarer Weise unter unsern Augen geschehen sehen, das hat im Laufe der Jahrhunderte jene mächtigen und großartigen M e t a m o r p h o s e n d e r E r d r i n d e erzeugt, welche uns hie und da das Gerüst derselben verdecken oder dasselbe in seiner Regelmäßigkeit zerstört haben. Auch der Fels hat keine ewige Dauer; wie alle organischen Bildungen so unterliegt auch er dem Zahne der Zeit, und sein Material dient dem Aufbau neuer Länder oder der Herstellung neuer unorganischer oder organischer Verbindungen. Auch im Reiche

der unorganisirten Körper ist es erlaubt, von einem Entstehen und Vergehen, von einem Wachsen *) und Abnehmen zu reden.

Die Mineralien, welche in Folge dieser Metamorphosen sich bildeten, faßt die Geologie unter dem Namen der „metamorphischen Gesteine" zusammen; ein eigener Abschnitt wird der Lehre „von den Umwandlungen oder von dem Metamorphismus der Gesteine" in den Lehrbüchern der Geologie gewidmet. Und eben dieser Lehre hat man sich mit um so größern Eifer zugewendet, als die große Eigenthümlichkeit und scheinbare Unerklärbarkeit der metamorphischen Bildungen in einer oder der andern Weise bald den Neptunisten, bald den Plutonisten siegreiche Waffen in die Hand zu geben schien. Das fortgesetzte und insonderheit von dem englischen Geologen Lyell angeregte Studium identischer Vorgänge in der Gegenwart im Großen, wie im Kleinen, die Fortschritte der Chemie und deren Anwendung auf die Geologie lösen jedoch ein Räthsel nach dem andern. Es stellt sich mehr und mehr mit Wahrscheinlichkeit heraus, daß eine Anzahl dieser Metamorphosen auf nassem Wege, d. h. mit Hülfe des Wassers, eine andere Anzahl in Folge hoher Temperatur und hohen Druckes entstand, und die oben aufgestellte Theorie der Erdbildung erleidet dadurch keine Einschränkung, sie findet im Gegentheil hie und da nur eine kräftige Unterstützung. **) Beschäftigen auch wir uns einen Augenblick näher mit dem in Frage stehenden Gegenstande; wählen wir unter den vielfachen hierher gehörigen Vorgängen jedoch nur die hervorragendsten

---

*) S. das empfehlenswerthe Werk von R. Ludwig: „Das Wachsen der Steine oder die Kräfte, welche die Bildung und Entwicklung der Gebirgsarten vermitteln." Allgemein faßlich dargestellt. Darmstadt 1853.

**) Manche der hier in Frage stehenden Verhältnisse finden sich trefflich bearbeitet in: Sir Henry de la Bèche: Vorschule der Geologie. Eine Anleitung zur Beobachtung und zum richtigen Verständniß der noch jetzt auf der Erdoberfläche vorgehenden Veränderungen, so wie zum Studium der geologischen Erscheinungen überhaupt. Uebersetzt von Dr. Ernst Dieffenbach. Braunschweig 1853.

Bischoff will die meisten Metamorphosen als auf nassem Wege entstanden deuten; ihm entgegen reden Scheerer u. A. der Entstehung der metamorphischen Gesteine durch Einwirkung plutonischer Gesteinsmassen, Gase, Dämpfe u. s. w. das Wort.

und interessantesten aus, um so, wenn auch nur im Allgemeinen, eine richtige Vorstellung von denselben zu gewinnen.

Vierfach wollen wir die Erscheinungen sondern. Zunächst handelt es sich um die Metamorphose einer sedimentären Gesteinsart mit oder ohne Hinzutritt irgend einer neuen chemischen Verbindung; zu zweit um die Ausfüllung vorhandener Risse oder Spalten in den verschiedenen Schichtgesteinen mit von unten sublimirten oder von oben her eingesickerten Stoffen; zu dritt betrachten wir die Vertretung vorhandener Mineralien durch neue, die ganz die Stelle und Form der frühern annahmen, und zu viert endlich die Hinwegführung einzelner Bestandtheile aus ihren frühern Verbindungen, wobei dann einerseits die Veränderung des Zurückgebliebenen, andrerseits die Ansammlung und Neugestaltung des Fortgeführten in Frage kommt.

Schon oben wurde der die tiefgelegenen Massengesteine zunächst bedeckenden „krystallinischen Schiefer" gedacht. Sie sind als das in der größten Tiefe vorkommende großartige Beispiel eines Metamorphismus der Gesteine zu betrachten. Die Mehrzahl der Geologen neigt sich der Ansicht zu, daß sie durch die Einwirkung des Feuers auf die ersten Niederschläge aus dem Wasser, deren chemische Bestandtheile dieselben waren, wie die der plutonischen Massengesteine, bildeten. Auf der untern Seite gehen sie direct in die letztern selbst über und zeigen eben hier, vorzugsweise in der Form des Gneiß, ein krystallinisches Gefüge; auf der obern führen sie, als Glimmer- oder Thonschiefer u. s. w. in die nicht krystallisirten Sedimentgesteine, die Grauwackenbildungen über. Je nach der stärkern oder schwächern Einwirkung der plutonisch gehobenen, zum Theil feurigen Massen, so scheint es, wurde der Aggregatzustand der ersten Sedimentgesteine bald in ein gröberes, bald in ein feineres krystallinisches Gefüge verwandelt. „Namentlich die Gesteinsgebiete Skandinaviens bieten in der Uebergangsformation" wie Scheerer bemerkt, „dem Beobachter Verhältnisse dar, wie sie zur Erkennung eines stufenweise fortgeschrittenen Metamorphismus nicht leicht günstiger anzutreffen sein dürften. Wir erhalten hier Gelegenheit, die Einwirkungen plutonischer Eruptivmassen auf Thonschiefer und Kalkschichten in allen Stadien der Intensität zu verfolgen, und dadurch die Bildung plutonischer Gesteine zweiter und dritter Ordnung gewissermaßen vor unsern Augen geschehen

zu lassen. Alle Uebergänge aus versteinerungsführenden Thonschiefern und Kalksteinen in gneißartige Gebilde und grobkörnigen Marmor liegen auf das Deutlichste vor uns, bis die Metamorphose an der Granitgränze durch die Entwicklung zahlreicher Contactproducte ihren Maximumpunkt erreicht. In den höchsten Stadien dieser Gesteinsumwandlung sehen wir die ursprüngliche Schichtstructur mehr oder weniger verwischt, und wir treffen krystallinische Gebirgsarten an, in denen unförmliche Marmormassen als letzte Spuren einer ursprünglich neptunischen Bildung gedeutet werden können." *) „Durch die Nähe plutonischer Eruptionsmassen," sagt ferner A. v. Humboldt, **) „sehen wir den Schiefer in blauschwarz-glänzenden Dachschiefer verwandelt, durch Eindringen von Kieselsäure" (wahrscheinlich in in Wasser gelöster Form) „wird der Thonschiefer von Quarztrümmern durchsetzt, in Wetzschiefer und Kieselschiefer theilweise verändert. Der höchste Grad der Verkieselung des Schiefers ist aber ein edles Kunstmaterial, der Band-Jaspis, im Uralgebirge durch Berührung und Ausbruch des Augitporphyrs, des Dioritporphyrs oder eines in Kugeln geballten Hypersthengesteins hervorgebracht."

Ein zweites Beispiel eines metamorphosirten Sedimentgesteins liefert uns der körnige Marmor. Er besteht, gleich der Kreide, aus kohlensaurem Kalk und unterscheidet sich von dieser nur dadurch, daß er ein krystallinisches Gefüge besitzt, während die Kreide bekanntlich unkrystallisirt, gestaltlos ist. Wie nun gelangte der Marmor zu dieser ihm eigenthümlichen Form? Seine Entstehung in der Nähe von Eruptionsgestein denkt man sich in der Art, daß das letztere in heißem Zustande die kohlensauren Kalkschichten durchdrang, diese in einen geschmolzenen Zustand übergeführt wurden und nun langsam zu jenen prachtvollen krystallinischen Marmormassen erkalteten, die heutigen Tages ein so kostbares Material für unsere Künstler darbieten. Da man jedoch weiß, daß kohlensaurer Kalk, an freier Luft geglüht, seine Kohlensäure entweichen läßt und beim Erkalten also nichts weniger als Marmor bildet, so sah man sich zugleich zu der Annahme genöthigt, daß

*) Th. Scheerer, der Garamorphismus und seine Bedeutung für Chemie, Mineralogie und Geologie. Braunschweig 1854.

**) Kosmos I, pag. 272.

der kohlensaure Kalk bei jenem Vorgange unter einem bedeutenden, das Entweichen der Kohlensäure verhindernden Drucke der Atmosphäre oder höher gelegener Gesteinsschichten gestanden habe. In der That finden sich nun auch Kreidemassen, die nur an der dem Eruptionsgestein zugewandten Seite iu Marmor umgewandelt sind; so nach A. v. Humboldt*) in Irland bei Belfast, wo Basaltgänge die Kreide durchsetzen, so ferner in dem dichten Flötzkalkstein, den ein syenitartiger Granit an der Brücke von Boscampo und in der Cascade von Canzocoli in Tyrol in theilweis gebogenen Schichten berührt; und solche Befunde sind der erwähnten Hypothese nicht ungünstig. Allein es fehlt auch nicht an Geologen, welche die Entstehung des Marmors überall aus mit kohlensaurem Kalk geschwängerten Sickerwässern herleiten und jene partiellen Umwandlungen dichten Kalksteins dadurch erklären, daß derselbe in der Nähe des Eruptionsgesteins durch Risse, Spalten u. s. w. dem Einsickern des Wassers und der Abscheidung des körnigen kohlensauren Kalkes vorzugsweise günstig gewesen sei. Auch diese Hypothese hat Manches für sich; die Beobachtung, daß hie und da, selbst in Gradirwerken der kohlensaure Kalk in körniger Form sich absetzt, ist ihr so günstig, als möglich. Die Frage ist jedoch noch nicht entschieden und vorläufig müssen beide Annahmen als möglich hingestellt bleiben.

Ein drittes Beispiel einer weitverbreiteten Gesteinsmetamorphose bilden die sog. Dolomite, die, dem Kalkstein ähnlich, vielfach in Tyrol und in der Schweiz in der Gestalt von Kegelbergen vorkommen und aus kohlensaurem Kalk in Verbindung mit kohlensaurer Magnesia bestehen. Der „geistreiche" Freund Alexander von Humboldt's Leopold von Buch, der sich vorzugsweise mit ihrer Untersuchung beschäftigte, war der Ansicht, daß sie das Werk eines Augitporphyrs seien, und daß sich die Magnesia dem kohlensauren Kalke „gleichzeitig mit dem Hervortreten des Augitporphyrs auf weiten, dampferfüllten Spalten" beigemischt habe.**) Man dachte sich also den Magnesiagehalt der Dolomite als in Dampfform aus dem Innern der Erde hervor-, und in dieser Form in die vorhandenen Kalkmassen eingedrungen. Allein es

*) Kosmos I, pag. 274.
**) Kosmos I, pag. 276.

scheint, daß diese Hypothese mehr und mehr an Haltbarkeit verliert und die Metamorphose in diesem Falle mehr dem Wasser und zwar einem magnesiahaltigen, den Kalk durchdringenden Sickerwasser, als dem Feuer ihre Entstehung verdankt. Abgesehen davon, daß die Magnesia sehr feuerbeständig ist und schwerlich in Dampfform sublimirt wurde, abgesehen davon, daß sich in der Nähe mancher Dolomite gar keine Eruptionsgesteine befinden, weisen manche Formationen und Zerklüftungen der Kalke selbst auf das Eindringen der magnesiahaltigen Wasser hin, die dann unter gewöhnlichen Verhältnissen, d. h. ohne die von Leopold v. Buch für seine Hypothese supponirte Erhöhung des Druckes und der Temperatur „in außerordentlich langen Zeiträumen diese Umwandlung vollbrachten." *)

Als eines vierten metamorphischen Gesteins wollen wir des ebenfalls weit verbreiteten wasserhaltigen Gypses gedenken. Dieser, aus schwefelsaurem Kalk bestehend, verdankt seine Entstehung ohne Frage zum Theil „den in der Urzeit vulkanisch ausgebrochenen schwefelsauren Dämpfen," so wie den später aus den sog. Solfataren emporgestiegenen schwefligsauren Dämpfen oder Schwefelwasserstoffgasen. Die in ihnen enthaltene oder durch Oxydation aus ihnen gebildete Schwefelsäure verband sich mit dem Kalk des kohlensauren Kalkes zu Gyps, die schwächere Kohlensäure wich der stärkeren Schwefelsäure, sie ging andere Verbindungen ein oder entwich als solche in die Luft, oder wurde vom Wasser absorbirt. — Aber auch mit Hülfe des Wassers, das entweder Schwefelsäure als solche oder Schwefelwasserstoffgas oder schwefelsaure Salze enthalten konnte, mag sich hie und da Gyps gebildet haben. Das oft mit dem Gyps verbundene und ihn vielleicht in sog. Anhydrit (d. h. wasserfreien Gyps) verwandelnde Steinsalz ist einer solchen Annahme günstig. Auch hier also doppelte Möglichkeit der Entstehung und neuer Grund zur Diskussion für die sich bekämpfenden Neptunisten und

*) Näheres hierüber, so wie über die Metamorphose der Gesteine überhaupt, giebt C. Vogt in seinem Lehrbuch der Geologie pag. 320 Bd. II, 1854. Auch über die von Heidinger und von Morlot aufgestellte Hypothese der Dolomitbildung durch Eindringen schwefelsaure Magnesia (Bittersalz) haltiger Gewässer in die Kalksteine und eventuelle Gyps- und Dolomitbildung, spricht sich Vogt und zwar negirend, aus.

Plutonisten! Doch wie dem auch sei, die einzelnen und nur partiellen Erscheinungen werden dennoch nicht vermögen die Theorie der zweifachen Entstehungsursache des Erdmantels zu verdrängen.

Eine zweite Reihe von Veränderungen der Erdrinde wurde nicht sowohl durch die Metamorphose eines schon vorhandenen Gesteins, als vielmehr durch die Ausfüllung von Rissen und Spalten der Massen- oder Schichtgesteine durch in sie eindringende Stoffe bedingt. Mit großer Entschiedenheit läßt es sich behaupten, daß diese Ausfüllungen bald durch Sublimationen metallischer Dämpfe von unten herauf, bald durch Einsickerung mit irgend welchen Stoffen geschwängerter Wässer von oben her entstanden. Eine große Anzahl von Elementarstoffen, die wir heutigen Tages noch in vulkanischen Emanationen oder in Thermalquellen finden, füllen zum Theil auch jene Risse und Spalten in dem uns zugänglichen Theile der Erdrinde aus; so das Kalium, Calcium, Eisen, Mangan, der Schwefel, der Arsenik, das Blei, das Kupfer u. s. w. u. s. w. All' diese Stoffe drangen ohne Frage wohl einst in der Form metallischer Dämpfe, welche die Eruptionen oder Hebungen massiger Gesteine begleiteten, in die bezeichneten Spalten oder Risse ein und schlugen sich an den Wänden derselben entweder mit Sauerstoff zu Oxyden, oder, was häufiger ist, mit andern Metallen verbunden, nieder. Als Verbindungen der letztern Art kennen wir insonderheit die Schwefelmetalle; den Eisenkies, den Bleiglanz (Schwefelblei), das Schwefelsilber u. s. w. — v. Humboldt erwähnt, um nur ein hierhergehöriges Beispiel anzuführen, daß in der Insel Elba Serpentinsteinmassen, welche vielleicht nirgends so deutlich als Eruptions-Gebirgsarten erscheinen, in den Klüften eines Kreidesandsteins die Sublimation von Eisenglanz und Rotheisenstein bewirkt haben, und daß wir denselben Eisenglanz noch täglich am Kraterrande und in frischen Lavaströmen des Vulkans von Stromboli, des Vesuvs und des Aetna aus der Dampfform an den Spaltwänden offener Gänge sich sublimiren sehen.*) Aehnliche Beispiele ließen sich leicht in Menge beibringen. — Andrerseits füllten sich aber die Risse, Spalten oder Höhlungen des Erdmantels auch mit Stoffen, die in durchsickernden Wässern gelöst waren und eine große

---

*) Kosmos I, 279.

Reihe von Erzgängen, wie wir die ausgefüllten Spalten nennen, fand auch in dieser Weise ihre Entstehung. Ein einfaches und allbekanntes Bild dieses Vorganges liefern die weite Höhlungen ausfüllenden Stalaktiten oder Tropfsteine, die dadurch entstehen, daß kohlensauren Kalk haltiges Wasser die Felsenwände durchsickert, das Wasser in den Höhlen verdunstet und der Kalk nun als incrustirende Masse zurückbleibt. Je nach den Gesteinen, welche das Regenwasser durchsickert, auflöst und in Minimaltheilen mit sich fortführt, entstehen in gleicher Weise die verschiedensten Gangmassen oder Ausfüllungen kleinerer und größerer Höhlungen. So finden wir Eisenerze, Kalkspath, Kieselerde in ihren mannigfachen Verbindungen, Bleiglanz, Kupfersalze und selbst die edelsten Metalle bald in größern, bald in geringern Mengen in jenen Räumen abgelagert. Die vornämlich aus Kieselerde bestehenden prachtvollen Chalcedone oder Achatmassen, die man in den porphyrartigen Mandelsteinen eingeschlossen findet, fanden in dieser Weise sicher ihre Entstehung. Keineswegs sind dabei die Gänge immer nur mit einer Substanz erfüllt, es finden sich oft vielmehr deren drei, vier und mehre in breiten Schichten auf einander abgelagert. So erwähnt de la Bèche eines Ganges bei Godolphin Bridge in Cornwall, auf dessen Wand Quarz ruhte, diesem folgte dann eine beiderseits von Achat eingefaßte Schicht von Quarzkrystallen und auf dieser ruhte wieder eine dicke Schicht von Kupferkies. Es sind das Bildungen, zu deren Vollendung Jahrtausende erforderlich waren; aber sie weisen uns deutlich nach, auf welchen Wegen die Erdoberfläche zu ihrer jetzigen Gestalt und Beschaffenheit gelangt ist. Das Studium des Inhalts der „Ganggesteine," wie wir alle die von ausgefüllten Rissen und Spalten durchsetzten Gesteine nennen, ist eins der lehrreichsten und interessantesten Gebiete der geologischen Forschung; und giebt es hier auch noch manche Lücke auszufüllen, so hat die neuere Geologie doch auch über viele schwierigen Fragen ein unerwartetes Licht verbreitet. Die sorgfältige Untersuchung jüngerer vulkanischer Bildungen, so wie die genauere Erforschung des Verhältnisses der verschiedenen Gangmassen zu den in größerer oder geringerer Nähe befindlichen Ganggesteinen oder Eruptionsgesteinen haben der richtigen Anschauung den Weg gebahnt.

Als die dritte Reihe von Metamorphosen bezeichneten wir Vorgänge von der Art, daß an die Stelle bereits vorhandener Mineralien in Folge chemischer Umsetzung ganz andere und neue traten und diese dann nicht selten die ihnen fremde Gestalt der ersteren annahmen. Man bezeichnet diese Mineralien mit dem Namen der „Pseudomorphosen.“ Die Möglichkeit, in welcher diese Metamorphosen erfolgen, ist eine sehr verschiedene. Das zunächst dagewesene, primogene Gestein kann einen Verlust an einzelnen Bestandtheilen erlitten oder neue Substanzen in seine Verbindung aufgenommen haben; es kann ferner nach dem Gesetze der Wahlverwandtschaften einzelne seiner Bestandtheile mit denen eines neu zugeführten Stoffes ausgetauscht haben oder ganz von einem fremden Mineral verdrängt worden sein, ähnlich wie bei den sog. Metallvegetationen z. B. die in eine Bleisalzlösung getauchte Zinkstange nach und nach durch das Blei verdrängt wird. Nur einige Beispiele dieser Art wollen wir erwähnen. Es giebt zahlreiche Gänge, welche Bleiglanz (Schwefelblei) führen. Liegen diese Gänge nicht zu fern von der atmosphärischen Luft, so wird nach Hausmann der Schwefel des Schwefelbleis durch den Sauerstoff der letztern zu Schwefelsäure oxydirt. Findet diese Schwefelsäure dann in der Nähe kohlensauren Kalk, so verbindet sie sich mit dem Kalk zu schwefelsaurem Kalk oder Gyps, treibt die Kohlensäure aus, und diese geht dann eine Verbindung mit dem Blei zu kohlensaurem Blei ein. An der Stelle des Bleiglanzes finden wir jetzt das Bleicarbonat. Ein Fall dieser Art findet sich in Derbyshire in einer Grube in dem Long-Tor bei Matlock.*) Ein anderes Beispiel einer hierhergehörigen chemischen Metamorphose findet sich in Gängen, welche Kupferkies enthalten. „Dieses Erz, welches wesentlich aus einer Verbindung des Schwefels mit Kupfer besteht, vielfach aber auch andere Metalle, wie namentlich Eisen eingeschlossen enthält, wird durch die atmosphärischen Wässer zersetzt; es bildet sich wieder Schwefelsäure durch die Wirkung des Sauerstoffs, die Schwefelsäure greift die metallischen Theile des Erzes an, bildet mit dem Kupfer schwefelsaures Kupferoxyd und während dieses im Wasser lösliche Salz entfernt wird, bleibt Eisen in den Erzen zurück, um später ein Eisenoxydhydrat (Eisen-

---

*) S. de la Beche a. a. O. pag. 599 und 601.

oxyd in Verbindung mit Wasser) zu bilden. Das Eisenoxydhydrat stellt in dieser Weise entstanden den „Gossan" der Engländer, den „Chapeau de fer" der Franzosen oder den „Eisenhut" der Deutschen dar, woher das Sprichwort: „Es ist nie ein Gang so gut, der trägt nicht einen eisernen Hut." Die Lösung des schwefelsauren Kupfers sickert nun aber weiter durch die tiefer liegenden Gesteinschichten hindurch und wird hier dann als Kupfervitriol (schwefelsaures Kupferoxyd) oder, schon weiter verändert, als metallisches Kupfer oder kohlensaures Kupfer gefunden. *) Manche andere Beispiele der Art finden sich von Vogt in seinem Lehrbuch der Geologie (pag. 318 fg.) zusammengestellt. Daß aber fast alle hierhergehörigen Metamorphosen nur auf nassem Wege zu Stande kamen, ist kaum noch einem Zweifel unterworfen. **)

So sehen wir durch die verschiedensten und in Bezug auf ihre Entstehungsursache auch wieder ähnlichen Metamorphosen und Neubildungen das Innere der Erdrinde im Laufe von Jahrtausenden vielfach verändert. Ueberall tritt die chemische Verwandtschaft der Elementarstoffe in Frage, überall wird die Geologie an die Chemie verwiesen, und ob wir auch viele dieser Vorgänge mit denen die wir in chemischen Laboratorien verfolgen, noch nicht in Einklang zu bringen vermögen, es darf bei der erkannten Gesetzmäßigkeit der mannigfachen übrigen nicht vergessen werden, daß die Macht der innern Erdwärme, der bedeutendere Atmosphärendruck früherer Zeit, die Kraft des Wasserdampfes u. s. w. Agentien sind, deren wir uns in unsern Laboratorien auch nicht einmal annähernd bedienen können und daß diese eben die mannigfachsten Modificationen chemischer Vorgänge bedingen mußten.

Es bleibt uns noch ein Viertes übrig. Nicht nur das Innere der Erdrinde wurde in vielfacher Weise verändert, auch ihre Oberfläche war und ist ständig den mächtigsten Metamorphosen unterworfen. Das Meer mit seinen brausenden Wogen, der tropfenweis fallende Regen und die atmosphärische Luft, sie haben an der ihnen dargebotenen Oberfläche

---

*) S. de la Beche a. a. O. pag. 698.

**) Wichtig für die hier in Frage stehenden Verhältnisse ist das Werk von Scheerer: Der Paramorphismus und seine Bedeutung in der Chemie, Mineralogie und Geologie. Braunschweig 1854.

der festen Erdrinde genagt; was wir als den langsam schleichenden Vorgang der Verwitterung bezeichnen, hat in dem Zeitraum von Jahrtausenden Berge versetzt und Küstenländer gebildet, hat ein „Wandern der Steine" bewirkt, wie es uns Schleiden noch kürzlich so hübsch in seinen „Studien" gegenüber den Wanderungen in der Pflanzen- und Thierwelt zeichnete.

Wir wollen hier absehen von den Veränderungen, welche die Erdoberfläche in den verschiedenen Stadien ihrer Entwickelung bis auf den heutigen Tag durch die Bespülung des mehr oder minder warmen Meerwassers erlitten hat, von den Veränderungen, welche die Gletscher der Gebirge und die Eisberge des Nordens an der festen Masse des sie tragenden Gesteins erzeugten. Nur beiläufig erinnern wir an die „erratischen Blöcke," die durch mächtige Eismassen aus dem Norden zu uns herübergetragen wurden. Wichtiger für uns sind jene langsamen Veränderungen der Erdrinde, welche durch die Bestandtheile der Atmosphäre und den Regen im Laufe der Jahrtausende hervorgebracht wurden, welche unscheinbar beginnend und fast unbemerkt verlaufend, dennoch die überraschendsten Resultate lieferten.

Unsere atmosphärische Luft besteht aus 20,9512 Proc. Sauerstoff, 79,0073 Proc. Stickstoff und 0,0414 Proc. Kohlensäure. Nach den neuern wichtigen Untersuchungen Bunsen's über die Absorption der Gase *) nimmt das verdunstete und als Regen wieder auf die Erde herabfallende Wasser verschiedene Mengen dieser Gase auf. Es enthält bei einer Temperatur von 15° C.: 63,62 Proc. Stickstoff, 34,12 Proc. Sauerstoff und 2,26 Proc. Kohlensäure. Durch den Gehalt an diesen Gasen und insonderheit durch seinen Gehalt an Kohlensäure wird das Regenwasser ein mächtiges Lösungsmittel für die Gesteine mit denen es in Berührung kommt. Absolute Unlöslichkeit in reinem oder kohlensaurem Wasser, bemerkt Vogt, ist eine Eigenschaft, welche, genau genommen, keiner einzigen Mineralsubstanz zukommt. Als Sickerwasser durchdringt aber der Regen die Erdoberfläche hie und da bis zu einer beträchtlichen Tiefe und befremden darf es uns somit nicht, wenn wir

---

*) Liebig und Wöhler's Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 93, Heft 1.

in aus dem Regenwasser entstehenden Quellen, Bächen und Strömen fast sämmtliche Bestandtheile der verschiedenen Gebirgsarten wiederfinden. Der Kohlensäuregehalt tief gelegener Gesteinsmassen, der durch die innere Erdwärme ausgetrieben, in kohlensäurehaltigen Quellen oder Mofeten in die Luft entweicht, die Kohlensäure, welche von der Thierwelt in die Luft hinein ausgehaucht wird, sie kehren, vom Regenwasser absorbirt, auf die Erde zurück und dienen hier als Lösungsmittel der festen Erdkruste selbst. Während die Wirkung des Sauerstoffs der Luft oder des Regenwassers auf die Mineralien eine beschränktere ist, während sie sich nur in der höhern Oxydation einiger einfacher Verbindungen, wie des Eisenoxydulś zu Eisenoxyd oder Eisenocker, des Schwefelwasserstoffgases zu Schwefelsäure u. s. w. zu erkennen giebt, ist die Wirkung der Kohlensäure des Regenwassers eine ungeheure. Schleiden erwähnt in seinen „Studien," *) daß der Nil bei Hochwasser in jeder Secunde 176,000 Cubikfuß, der Ganges 500,000 Cubikfuß Wasser in's Meer führt; daß bei Memphis in Tennessee jährlich fast 14 Billionen Cubikfuß Mississippi-Wasser vorbeifließen. Durch sorgfältige Untersuchungen dieser Wässer hat man aber gefunden, daß der von ihnen fortgetragene Schlamm beim Mississippi $^1/_{3000}$, also im Jahre etwa 4500 Millionen Cubikfuß beträgt; und in gleicher Weise sind beim Nil für den Schlamm 200 Millionen Cubikfuß, beim Ganges 6000 Millionen Cubikfuß berechnet. Aehnliche Zahlen ergeben sich für alle größern Flüsse, für die Elbe, die Weser, den Rhein u. s. w. „Um sie anschaulich zu machen," sagt Schleiden, „will ich bemerken, daß der Hausberg bei Jena vom Saalspiegel bis zur Höhe, von Gembdenbach bis zum Ziegenhainer Bach und von Camsdorf bis zu dem Fußsteig nach Jenapriesnitz einen Inhalt von etwa 600 Millionen Cubikfuß hat, so daß allein der Ganges die zehnfache Masse des ganzen Hausberges jährlich dem Meere zuführt." — Der Schlamm oder die festen Bestandtheile dieser Wässer bestehen aber überall aus den durch das kohlensaure Regenwasser aufgelösten höhern oder tiefern Schichten der festen, über den Wasserspiegel hervorragenden Erdkruste; der Tropfen höhlt den Stein; was Bestandtheil der Berge, Felsen und Höhen war,

*) S. den Artikel: „Ueber Fremdenpolizei in der Natur" pag. 18.

den Kalk, die Thonerde, die Kieselerde, die Talkerde, das Eisenoxydul, den Gyps u. s. w. u. s. w., sehen wir, in das Meer geführt, als Alluvium oder angespülten Schlamm die flachen Küsten der Continente, oder als Sediment den Boden des Meeres mächtig verändern.

Bei Weitem jedoch nicht Alles, was von der festen Erdrinde durch den Regen in gelöste Form übergeführt wird, kehrt durch Quellen, Bäche und Flüsse dem Meere zu. Ein Theil der Verwitterungsprodukte wird von den Wurzeln der Pflanzenwelt aufgesogen, um deren Bau und Wachsthum fördern, um das Zellengerüst bilden zu helfen, in welchem der ernährende Pflanzensaft kreist; ein anderer Theil wird direct aus dem Wasser von thierischen Organismen aufgenommen, die in bald größerer, bald geringerer Masse die festen Bestandtheile fixiren und zu ihrem eigenen Aufbau und Wachsthum verwenden. Am mächtigsten und in staunenerregender Weise findet eine solche Fixation der festen Bestandtheile des Wassers bei den kleinsten Organismen, bei den sog. Infusionsthierchen, deren Natur uns zuerst Ehrenberg vor noch nicht langer Zeit enthüllt hat, Statt. Diese nur dem bewaffneten Auge sichtbaren Organismen können wie Filtrirapparate für das Wasser betrachtet werden. Aus der verhältnißmäßig ungeheuern Menge Wassers,*) welche durch ihren Körper während ihrer kurzen Lebenszeit hindurchfließt, halten sie die festen Bestandtheile und insonderheit den Kalk oder die Kieselerde zurück; aus diesen bilden sich ihre Schaalen oder Panzer, ähnlich wie es mit den Schaalen der größern Weichthiere, der Seemuscheln u. s. w. im Großen geschieht; und diese Schaalen und Panzer, deren Vorhandensein ebenfalls nur das Microscop zu entdecken vermag, haben mit ihren Millionen und Billionen nicht unwesentlich zur Veränderung der Erdoberfläche beigetragen. Sie bilden, als die unvergänglichen Ueberbleibsel der einst organisirten Körper, mächtige Lager von Kalk- und Kieselerde. Die Kalk- und Kieselerde der Lüne-

*) Vogt l. c. pag. 279 berechnet, daß durch eine Navicelle, um deren Kieselpanzer zu bilden, in 24 Stunden wenigstens das 33333fache Gewicht desselben an Meerwasser hindurchgeht. Manche Quellen, Flüsse u. s. w. sind freilich reicher an Kieselsäure als das Meerwasser, immer aber ist das Beispiel geeignet, um einen Begriff von der Größe des Stoffwechsels in diesen niedern Organismen zu geben.

burger Haide, welche hie und da Lager von 12—10 Fuß Mächtigkeit bildet, besteht fast ganz aus Panzern von Infusorien, das in Moor- und Marschgegenden gefundene Raseneisen ist zum großen Theil von Gallionellen gebildet; Feuersteine, Polirschiefer u. s. w. bestehen ebenfalls fast ganz aus Panzern jener kleinsten Organismen." Im Biliner Polirschiefer bilden ungefähr 41000 Millionen Gallionellen immer 1 Cubikzoll Stein, daher etwa 70 Billionen einen Cubikfuß." *) „Die unsere Fassungskraft bedrängende Macht der Zahlen," sagt v. Humboldt so treffend, „bietet sich uns in den kleinsten Organismen des Thierlebens, wie in der Milchstraße der selbstleuchtenden Sonnen dar, die wir Fixsterne nennen. — — Aber mahnen am Sternenhimmel (wie auf der Erdoberfläche) die Eindrücke von nicht auszusprechenden Zahlen und räumlicher Größe, von Dauer und langen Zeitperioden den Menschen an seine Kleinheit, an seine physische Schwäche, an das Ephemere seiner Existenz, so erhebt ihn freudig und kräftigend wieder das Bewußtsein, durch Anwendung und glückliche Selbstentwicklung der Intelligenz schon so Vieles und so Wichtiges von der Gesetzmäßigkeit der Natur erforscht zu haben." **)

Hier wollen wir endlich auch noch jener Theilnahme gedenken, welche untergegangene Pflanzenwelten an der allmähligen Gestaltung und Veränderung der Erdoberfläche gehabt haben und noch heute haben. Es sind die mächtigen Steinkohlen- und Braunkohlenlager, so wie die noch fort und fort sich bildenden Torflager, welche ihre Entstehung den allmähligen Metamorphosen untergegangener, vegetabilischer Organismen verdanken. Das Holz, eine Verbindung von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, welcher einige mineralische Bodenbestandtheile beigemischt sind, bildet sich aus den Bestandtheilen der Atmosphäre und des Erdbodens. Dem Verbande mit der mütterlichen Erde durch Bergstürze entzogen oder von der atmosphärischen Luft durch urweltliche und jüngere Ueberschwem-

*) Ehrenberg: Die Infusionsthierchen als vollkommne Organismen. Leipzig 1838. pag. XIII.

S. auch dessen neuestes Werk: Mikrogeologie. Das Erde und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbständigen Lebens auf der Erde. Leipzig 1854.

**) S. Kosmos III. pag. 41.

mungen abgetrennt, erlitt es und erleidet es aber Veränderungen, Veränderungen, deren Ursache heutigen Tages kaum noch zweifelhaft sein kann. Es finden sich allerdings jüngere Pflanzenreste, so namentlich Braunkohlenlager, in denen ein deutlicher Beweis dafür zu finden ist, daß das Holz oder vielmehr die aus ihm hervorgegangene Braunkohle durch feurige Eruptionsgesteine in Steinkohle oder den dieser nahe verwandten Anthracit — eine nicht ganz reine mineralische Kohle, die frei von Sauerstoff und Wasserstoff ist — verwandelt wurde. So erwähnt Roßmäßler in seinen „populären Vorträgen über Versteinerungen,“ daß bei Aussig in Böhmen eine Basalt-Eruption ein Braunkohlenlager durchbrochen und durch seine Hitze die Braunkohle in Anthracit verwandelt hat, und Vogt bemerkt von den Steinkohlen Amerikas, daß sie in der Nähe der Hebungs- und Verwerfungslinien durch plutonische Massen ebenfalls in Anthracit übergeführt seien. Allein im Großen und Allgemeinen läßt sich die feurige Entstehungsursache weder auf die Braunkohlen-, noch auf die Steinkohlenlager übertragen; sie entstanden vielmehr sehr wahrscheinlicher Weise in Folge einer der Verwesung ähnlichen sehr langsamen Zersetzung des Holzes, in Folge eines langsamen Oxydationsprocesses, für dessen Ablauf und Resultat ein hoher Wärmegrad und schwefelsäurehaltige Wässer (s. o. pag. 78) allerdings nicht ohne fördernden Einfluß gewesen sein mögen. In ganz derselben Weise, wie wir heutigen Tages aus den kümmerlichen Vegetationsproducten unserer Moorgegenden den Torf sich bilden sehen, entstanden jene mächtigen Steinkohlen- und Braunkohlenlager aus den üppigen und massenhaften Vegetationsproducten vorweltlicher Zeiten, und die Beschaffenheit der letztern variirt nur deshalb so sehr von der des Torfes, weil sie schon seit Tausenden von Jahren dem verändernden Einfluß der Oxydation unterlegen haben und bedeutende Druckkräfte, so wie hohe Temperatur, grade ihre Metamorphosen modificirten. Bei dürftigem Zutritt von Sauerstoff, wie er bei unter Wasser oder Erde begrabenen Vegetabilien Statt hat, verliert die Holzfaser allmählig unter Abgabe von Wasserstoff und Kohlensäure oder von Kohlenwasserstoffverbindungen und Wasser einen Theil ihres Kohlenstoffs, ihres Wasserstoffs und ihres Sauerstoffs. Der Torf ist relativ reicher an Sauerstoff, als die Braunkohle; diese ist reicher daran als die Steinkohle, und der aus dieser

hervorgehende Anthracit ist als eine von Wasserstoff und Sauerstoff freie Steinkohle zu betrachten. Fand nun in der That ein solcher allmähliger Oxydationsproceß der Holzfaser Statt, so müssen sich auch jene ihre Metamorphose begleitenden Ausscheidungen in der Nähe der Braunkohlen- oder Steinkohlenlager nachweisen lassen, und daß dem wirklich so ist haben uns die Untersuchungen Bischoff's u. A. gelehrt. Nur in dieser Weise scheint der Kohlensäuregehalt von Mineralquellen, die in der Nähe von Braunkohlenlagern entspringen, erklärlich; nur durch die bei der Metamorphose abgestorbener Vegetabilien zu Braunkohle sich bildende Kohlensäure scheint z. B. der Kohlensäuregehalt der Schwalheimer, Fachinger u. a. Mineralquellen bedingt. Und was die Steinkohlenlager anbetrifft, so wies Bischoff nach, daß die brennbaren entzündlichen Gase, welche aus den Spalten der Steinkohlenlager oder den Gebirgsarten hervorströmen, welche Steinkohlen führen, ohne Ausnahme Kohlensäure, Sumpfgas und ölbildendes Gas (beide letztere sind Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff) enthalten. Bezeichnet man die Zusammensetzung des Holzes mit der Formel: $C_{36}\,H_{44}\,O_{22}$, so würde die Laubacher Braunkohle, welche aus $C_{33}\,H_{42}\,O_{16}$ zusammengesetzt ist, daraus in der Weise hervorgehen, daß das Holz 2 Theile Wasserstoff und 3 Theile Kohlensäure abgab.*) Die Steinkohle (Cannelkohle) besteht nach Richardson und Regnault aus $C_{24}\,H_{26}\,O$; sie würde aus Holz entstehen, wenn dieses 3 Th. Sumpfgas, 3 Th. Wasser und 9 Th. Kohlensäure ausschied.**) Durch solche Metamorphosen entstanden also, wie man wohl mit Sicherheit annehmen darf,

*) Holz $= C_{36}\,H_{44}\,O_{22}$

minus { 2 Th. H $= H_2$
3 Th. Kohlens. $= C_3\,O_6$ }

bleibt Braunkohle $= C_{33}\,H_{42}\,O_{16}$

**) Holz $= C_{36}\,H_{44}\,O_{22}$

minus { 3 Th. Sumpfg. $= C_3\,H_{12}$
3 Th. Wasser $= H_6\,O_3$
9 Th. Kohlens. $= C_9\,O_{18}$ }

bleibt Steinkohle $= C_{24}\,H_{26}\,O$

Vgl. hierüber: Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 1843. pag. 447 fg.

jene mächtigen Steinkohlen- und Braunkohlenlager, welche einen so wesentlichen Antheil an der Gestaltung der Erdoberfläche genommen haben. Von der Mächtigkeit dieser Lager bekommen wir einen Begriff, wenn wir hören, daß an den Ufern der Saar nicht weniger als 103 bauwürdige Steinkohlenflötze bekannt sind, von denen einzelne eine Tiefe von 13 Fuß besitzen. *)

Damit wollen wir die Betrachtung der wesentlichsten Metamorphosen der Erdrinde und ihrer einzelnen Gesteinsarten beschließen. Wir müssen uns auf die wenigen Bemerkungen beschränken; der Gegenstand ist so reichhaltig, daß es uns hier auch nicht einmal annähernd möglich sein würde, ihn zu erschöpfen. Möchte doch aber auch schon das Wenige genügt haben, um darzuthun, welch' hohes Interesse ein näheres Studium dieser Verhältnisse gewährt. Wie die ältere Geschichte der Völker, die Geschichte ihrer äußern und innern Entwicklung einen besondern Reiz hat für den Geschichtsforscher, wie sie die Basis für seine Betrachtungen der Gegenwart bildet, so ist auch die Entwicklungsgeschichte der Erde eins der anziehendsten und lehrreichsten Gebiete der allgemeinen Physiologie. Wie uns die Geschichte lehrt, daß wechselseitiger Verkehr in seinen bald milderen, bald rauheren Formen auf die Entwicklung der einzelnen Nationen den mächtigsten Einfluß ausübte, so sehen wir auch in der Entwicklung der Erde durch bald langsamere, bald raschere, bald ruhigere, bald gewaltigere Vermischung oder Trennung der Elemente und ihrer Verbindungen diejenigen Veränderungen bedingt, welche der Erdrinde ihre heutige Gestalt und Oberfläche verliehen haben. Und sollten nicht auch die wenigen Andeutungen schon ein allgemeines Verständniß der uns im eigenen Vaterlande oder auf weiteren Reisen entgegentretenden Formen der Erdoberfläche ermöglicht haben? Durch ihre massige, ungeschichtete Gestalt werden wir die hoch gehobenen granitischen, porphyrartigen oder basaltischen Eruptionsmassen leicht von den feiner oder gröber geschichteten, oft vielfach zerklüfteten Sedimentgesteinen zu unterscheiden wissen; wo wir einzelne Sedimentgesteine in fast senkrechter Streichungslinie zu Tage liegend finden, werden wir über ihre durch Eruptionsmassen veränderte Lage-

*) Vogt: Lehrbuch der Geologie I. pag. 297.

rung nicht lange in Zweifel sein und begegnen wir vielleicht in dieser Weise neben einander gelagertem Grauwackensandstein und Rothsandstein, so dürfen wir vermuthen, daß sich in geringerer oder größerer Tiefe zwischen beiden ein Steinkohlenlager auffinden lassen wird. Die Entstehung der Erzgänge ist uns im Allgemeinen kein Räthsel mehr, eine Anzahl für unsere Kunststätten wichtiger Gesteine, den Marmor, den Gyps u. s. w. haben wir in ihrer Entstehung verfolgt; und wenden wir uns wieder dem Flachlande, den Ebenen unseres nördlichen Deutschlands u. s. w. zu, so werden wir den unmittelbar von uns betretenen Boden zum Theil als angeschwemmte oder aufgeschwemmte Verwitterungsmassen ferner Berge und Felsen oder als durch thierische Organismen erzeugte Steinlager zu bezeichnen wissen. Je nach den Bestandtheilen des verwitterten Gesteins selbst wird aber der von denselben gebildete Boden bald eine lehmige, bald eine sandige Beschaffenheit haben, bald mehr Kalkerde, bald mehr Alkalien u. s. w. enthalten. Vermischen sich endlich noch mit diesen Verwitterungsmassen die Produkte und Reste von Pflanzen und Thieren, so entsteht das, was wir als Dammerde bezeichnen, was je nach seiner Beschaffenheit das Gedeihen oder Nichtgedeihen unserer Saaten bedingt.

Der hochwichtigen Bedeutung einer genauen Kenntniß dieser verschiedenen Bodenverhältnisse für den Bergbau, die Agricultur und damit selbst für die körperliche Entwicklung des Menschen wollen wir hier nur im Vorbeigehen gedenken. Unsere obigen Bemerkungen müssen auch das schon klar gemacht haben, daß nur bei der Kenntniß der Bildungsgeschichte und Lagerung der einzelnen Mineralien ein erfolgreicher Bergbau betrieben werden kann; daß der Landwirth nur bei genauem Verständniß der Heranbildung oder Zusammensetzung einzelner Bodenarten den Erfolg seiner Arbeit mit Sicherheit vorausbestimmen kann. Manchem erscheint die Geologie wohl noch als eine todte Wissenschaft, und überall doch greift sie tief ein in das Getriebe des praktischen Lebens, überall lohnt sie den Forscher nicht nur mit dem befriedigenden Gefühle des Erkennens und Wissens, sondern gleichzeitig auch mit dem Besitze für das Leben brauchbarer und nützlicher Resultate.

Vierter Vortrag.

Die Organismen der Vorwelt.

[illegible] in dieser [illegible] und [illegible] oder größerer [illegible] wird. Die [illegible] mehr, [illegible] der Marmor, [illegible] und wenn [illegible] nördlichen Deutschlands [illegible] von und be- [illegible] als [illegible] oder aufgeschwemmte [illegible] Berge und Felsen oder als durch thierische [illegible] zu bezeichnen wissen. Je nach den [illegible] Gesteins selbst wird aber der von den- [illegible] bald eine sandige [illegible] enthalten [illegible] die [illegible] und [illegible] das [illegible]

Der [illegible] Kenntniß dieser verschiedenen Bodenverhältnisse [illegible] die Agricultur und damit selbst für die körperliche [illegible] wollen wir hier nur im Vorbeigehen gedenken. Unsere obigen Bemerkungen [illegible] daß nur bei der Kenntniß der [illegible] Mineralien ein [illegible] der Landwirth nur bei [illegible] oder Zusammensetzung ein- [illegible] mit Sicherheit vorzunehmen [illegible] Geologie wohl noch als eine [illegible] greift sie tief ein in das Getriebe des [illegible] lohnt sie den Forscher nicht nur mit dem [illegible] des Erkennens und Wissens, sondern gleichzeitig auch [illegible] für das Leben brauchbarer und nützlicher Resultate.

Bis dahin haben wir uns nur mit den unorganisirten, dem Mineralreich angehörigen Bestandtheilen der Erdrinde, deren allmähliger Entstehung und Entwickelung beschäftigt. Gleich den Ruinen aber von längst verschütteten Tempeln, Palästen und Denkmälern tragen auch die im Laufe der Jahrtausende entstandenen und wieder begrabenen Schichtgesteine der Erdrinde steinerne Inschriften, die uns dort, von Menschenhänden erzeugt und erst in neuester Zeit dem Verständniß erschlossen, Kunde von weltgeschichtlichen Thatsachen geben, hier, von der Natur sebst hervorgebracht und zurückgelassen, als Denkzeichen und Bilder längst vergangener organischer Lebensformen dienen. Es sind die durch alle Schichtgesteine hindurch aufgefundenen und erst in unsern Tagen in reicherer Fülle und mit richtigem Verständniß ans Licht gebrachten „Versteinerungen," welche uns das vor der jetzigen Periode der Erdgeschichte die Erdoberfläche und das Wasser bewohnt habende Thierreich zeichnen, welche uns einen Begriff geben von der Pflanzendecke, welche in urweltlichen Zeiten das Erdreich schmückte. Tausende von untergegangenen vorweltlichen Pflanzen- und Thierformen sind uns schon bekannt und die sich mit ihnen beschäftigende Lehre, die Palaeontologie, bildet bereits einen besondern und sehr bedeutenden Zweig der geologischen oder besser der naturwissenschaftlichen Forschung; sie hat, wie A. v. Humboldt sich ausdrückt, „der Lehre von den starren Gebilden der Erde, wie durch einen belebenden Hauch, Anmuth und Vielseitigkeit verliehen." —

Unsere naturhistorischen Museen bieten heutigen Tages fast überall Gelegenheit, sich durch unmittelbare Anschauung einen Begriff von den

verschiedenen Formen und Formbestandtheilen urweltlicher Organismen zu verschaffen. Wo es an Exemplaren der natürlich vorkommenden Versteinerungen fehlt, sucht man durch gelungene und die Originalien nahezu ersetzende Modelle (Gypsabgüsse) die Sammlungen zu vervollständigen. Kann man diese Denkmäler der Urwelt betrachten, ohne über ihre oft colossale, oft zierlichere Gestalt zu erstaunen, ohne einen Vergleich anzustellen zwischen der damaligen und gegenwärtigen Fauna und Flora, ohne zu fragen, in welcher Weise diese verschiedenen Organismen in den verschiedenen Schichten der Erdrinde vertheilt sind, in welcher Reihenfolge sie sich also vermuthlich, entsprechend den Entwicklungsperioden der Erde selbst, entwickelt haben, in welcher Weise endlich die Versteinerungen selbst sich bildeten? Wer unter andern lehrreichen und interessanten Anstalten das prachtvolle und reiche Britisch Museum in London besuchte, dem werden sich ähnliche Fragen, wie bei dem Beschauen der alt-egyptischen Denkmäler oder der ausgegrabenen, mannigfach lehrreichen Ruinen von Xanthus, Ninive u. s. w. in den untern Säälen, so beim Eintritt in die obern Sääle jener Schatzkammer für Kunst und Wissenschaft, wo sich eine reiche Menge von Versteinerungen urweltlicher Pflanzen und Thiere, aus allen Schichten der Erdrinde gesammelt und aus allen Erdtheilen zusammengetragen, befindet, aufgedrängt haben. — Versuchen wir denn auch hier, uns ein flüchtiges Bild jener Welten zu entwerfen und die Antwort auf obige Fragen zu liefern.

Was ist überhaupt unter einer Versteinerung zu verstehen? Die Bildungsgeschichte derselben ist nach Umständen eine sehr verschiedene. Nur in den seltensten Fällen ist die einst organisirte Substanz selbst in Folge chemischer Metamorphosen in eine steinähnliche Masse übergeführt; nur die schon oben erwähnte Steinkohle, der Anthracit und Graphit haben in dieser Weise ihre Entstehung gefunden. In den bei Weitem meisten Fällen stellt uns die Versteinerung nur einen Abguß der einst vorhandenen organischen Form dar und sie entstand dadurch, daß die letztere von einer allmählig erhärtenden Masse incrustirt oder von einer solchen durchdrungen wurde. Dabei konnte dann ein Zweifaches Statt haben. Entweder schwand der incrustirte Körper in Folge einer allmähligen Auflösung und Zersetzung durch Wasser und Luft gänzlich,

oder es blieben Reste von ihm, die einer solchen Zersetzung nicht unterlagen, zurück. Im erstern Falle füllte sich der in der Kruste entstehende leere Raum allmählig mit in denselben eindringenden, allmählig erhärtenden Massen aus und die Versteinerung stellt jetzt nur den Abguß der einst dagewesenen organischen Form dar; im andern Falle blieben in der Kruste unvergängliche Theile des Organismus zurück und nur die rasch durch Verwesung u. s. w. geschwundenen, ausgelaugten Theile wurden durch neue, aus eindringendem Wasser sich niederschlagende Massen ersetzt. So finden sich viele Muscheln erfüllt von kohlensaurem Kalk, Kieselerde u. s. w., die Schaalen selbst sind aber erhalten und von der incrustirenden Masse umgeben. Oft sind dabei die ursprünglichen Formen auf das Deutlichste erkennbar. Knochen von Thieren oder Baumstämme, von kieselerdehaltigen Wassern durchdrungen, gleichen für das unbewaffnete Auge einer festen, dem Chalcedon oder Opal ähnlichen Steinmasse; jede kleinste Lücke in ihnen ist mit reiner oder mit Metalloxyden gemischter Kieselerde ausgefüllt; das Microscop weist aber dennoch in ihnen das zarteste Pflanzen- oder Knochengewebe nach, das also entweder erst nach und nach von einer allmählig erhärtenden Steinmasse verdrängt wurde, oder, wie in den Knochen, zum Theil auch noch in der Versteinerung existirt. Mannigfach sind die in dieser Weise entstandenen Formen der Versteinerung, mannigfach die Materialien selbst, welche die versteinerte Masse bilden. Oft aber handelt es sich auch gar nicht um derartige Abgüsse, Incrustationen und mit Mineralsubstanzen erfüllte (imbibirte) organische Formen, es sind vielmehr nur Eindrücke zurückgeblieben, welche dieselben in den allmählig niedergeschlagenen Sedimentgesteinen einst erzeugten. Die prachtvollen und bis auf die zartesten Blattnerven klar ausgeprägten Blattabdrücke, die im Kreidesandstein vorkommen, fanden in dieser Weise zum Theil ihre Entstehung. Oft finden sich wieder Abdrücke von Eindrücken, d. h. einstige Eindrücke erfüllende, erhärtete Steinmassen, eine Versteinerungsform, die uns z. B. in verschiedenen Sandsteinen die Fußspuren urweltlicher Thiere nachweist. Eine aufmerksame Prüfung der vielfachen, in Museen uns dargestellten Petrefacten wird diese verschiedenen Verhältnisse rasch und besser zum klaren Verständniß bringen, als die vielen, wenn auch trefflichen Abbildungen, mit denen unsere Lehrbücher und

populären geologischen Schriften heutigen Tages geschmückt werden. Auf solche unmittelbare Anschauung und Prüfung verweisen wir auch hier den nach mehr als oberflächlichen Begriffen strebenden Naturfreund.

Wo nun aber finden sich diese Versteinerungen, die stummen und doch so beredten Zeugen einstigen Lebens? Es wurde schon oben bemerkt, daß die plutonischen Eruptionsgesteine nie und nirgends Versteinerungen enthalten und kaum bedarf es noch einer besondern Erklärung dieser Thatsache. Stellen doch alle granitischen, porphyrartigen, basaltischen u. a. Bildungen nur erkaltete, einst aber feurig-flüssige Massen dar, in denen selbstverständlich kein organisches Leben sich regen konnte. Alle Organismen, die pflanzlichen, wie die thierischen, vom ausgebildeten Wirbelthier bis herab zur einfachsten Pflanzenzelle enthalten eiweißartige Verbindungen, theilweise in gelöster Form. Flüssiges Eiweiß aber gerinnt schon in einer Temperatur von 50—60° R. und ehe sich pflanzliche und thierische Organismen bilden konnten, mußte deshalb die Erdoberfläche schon eine bedeutende Abkühlung erfahren haben; ihre Temperatur durfte nicht über 50—60° R. betragen. — In der tiefsten Schicht der Sedimentgesteine, in den crystallinischen Schiefern finden wir ebenfalls noch keine Versteinerungen. Aber es wurde auch bereits erwähnt, daß sie zum großen Theil unter dem Einfluß des noch glühend heißen Silicatenmantels der Erde oder glühender Eruptionsmassen selbst entstanden; auch in ihnen konnten also keine organisirten, eiweißhaltigen Körper existiren. — In den die Schiefergruppe bedeckenden, sog. silurischen Schichten treffen wir dagegen Versteinerungen, und zwar die ersten, an. Die Grauwackengruppe und namentlich der obere Theil derselben ist schon reich daran, und von der Entstehungsperiode dieser datirt also auch die Existenz thierischer und pflanzlicher Organismen auf der Erde; — keine der höher hinauf folgenden und jüngern Schichten entbehrt derselben ganz.

Von der unendlichen Mannigfaltigkeit der urweltlichen Organismen haben wir erst in neuester Zeit einen Begriff bekommen. Brogniart, Graf Kaspar von Sternberg, Göppert u. A., die sich insonderheit um die Erforschung der fossilen Vegetabilien bekümmert haben, Cuvier, Agassiz, Bronn, Römer, Quenstedt u. A., die sich vorzugs-

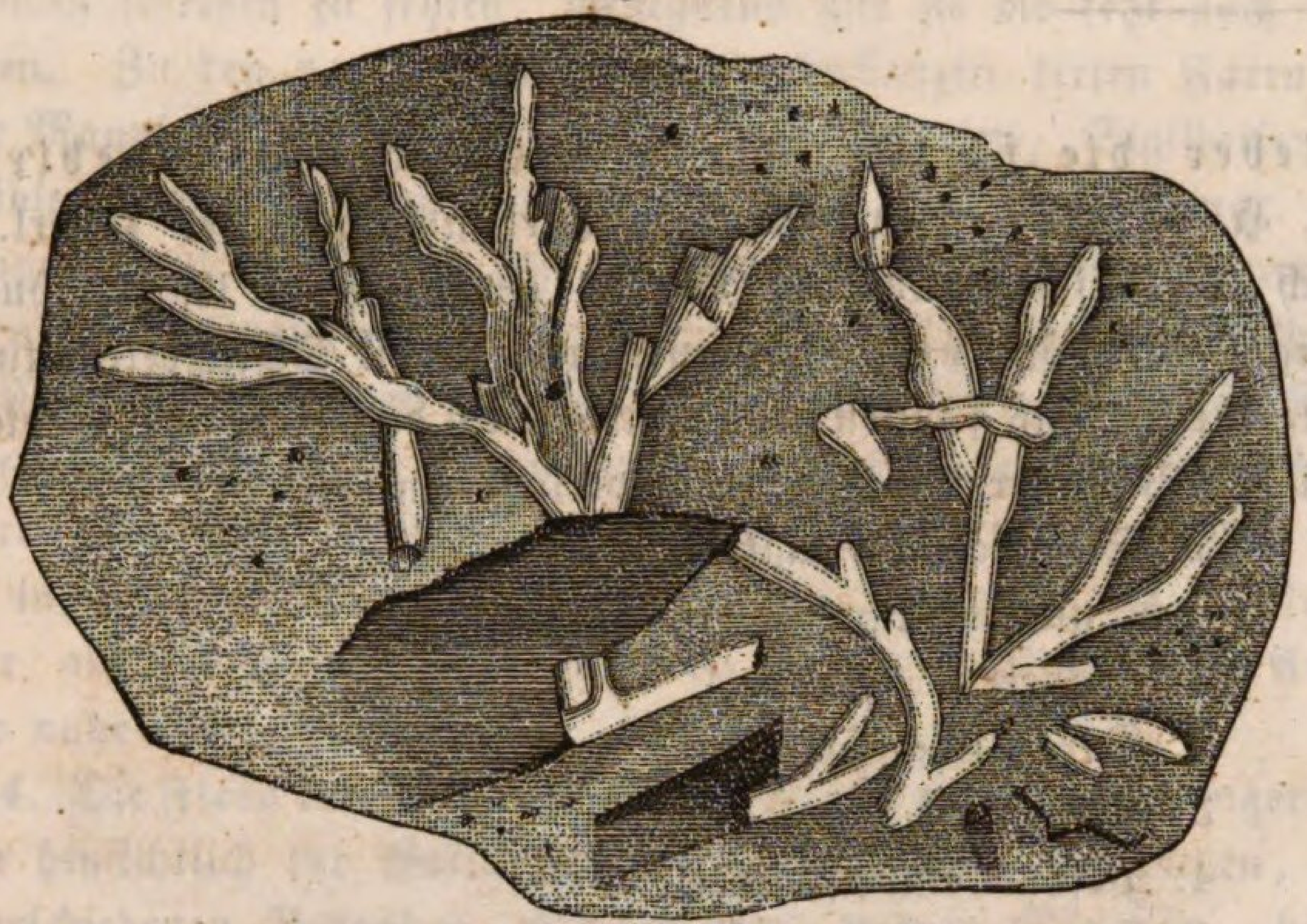
weise dem Studium der urweltlichen Thiere zuwandten, haben unsre Kenntnisse in dieser Beziehung bedeutend erweitert. Von den freilich unter allen fossilen Pflanzengattungen am häufigsten vorkommenden Farrn sind schon über 560 Arten bekannt; gegen 2400 fossile Pflanzenspecies (Bronn zählt 2368 Arten auf) kennt man überhaupt; Agassiz zählt 1700 Arten fossiler Fische und die Menge bekannter fossiler Thierspecies überhaupt mag sich auf 26—28000 belaufen. Interessanter aber noch als das Mengenverhältniß ist die allmählig gewonnene Kenntniß von dem Vorkommen und der Verbreitung der einzelnen Pflanzen- und Thierspecies in den verschiedenen Schichten der Erdrinde. Sie hat zu der Entwicklung bedeutungsvoller und für die Schöpfungsgeschichte überaus wichtiger gesetzlicher Verhältnisse geführt; diese allein wollen wir hier einer nähern Erörterung unterziehen.

Im Allgemeinen hat es sich mit Bestimmtheit herausgestellt, daß je tiefer in den Erdschichten gelegen, desto verschiedener die urweltlichen organischen Bildungsformen von denen der Gegenwart sind. Die meisten derselben sind gänzlich ausgestorben und fast nur von den in jüngern Schichten gefundenen Species finden sich noch einzelne unter den lebenden Arten. Die älteste Fauna und Flora zeichnete sich ferner aus durch größere Einfachheit der Formen, durch den Mangel höher entwickelter Organismen; erst in den tertiären Schichten begegnen wir Repräsentanten von allen Ordnungen der gegenwärtigen Pflanzen- und Thierwelt, erst hier finden wir die Classe der Säugethiere und die blüthentragenden dicotyledonen Gewächse in größerer Anzahl vertreten. Was dagegen den tiefern Schichten und deren Versteinerungen an Mannigfaltigkeit der Form noch abgeht, ist zum Theil durch eine colossale Entwicklung der einzelnen Individuen gewissermaßen ersetzt. Der damalige übergroße Reichthum an Bildungsmaterial, die namentlich die Entwicklung der Pflanzen begünstigende Beschaffenheit der Atmosphäre, ihre hohe Temperatur, ihr Reichthum an Kohlensäure u. s. w., sie alle bedingten es, daß sich heutigen Tages und in unsern Gegenden nur kümmerlich entwickelnde organische Lebensformen zu riesigen Größen ausbildeten. — Durchlaufen wir in Kürze von unten herauf die einzelnen Schichtgesteine und deren Versteinerungen und die aufgestellten Verhältnisse werden uns in klarster Weise entgegentreten.

Was zunächst das Pflanzenreich betrifft, so finden sich in den tiefern Schichten der Grauwacke verhältnißmäßig weniger Pflanzen- als Thierreste. Immerhin finden sich aber doch einige, die dann bis zum Rothliegenden hinauf an Menge und Größe so sehr zunehmen, daß die mächtigen Steinkohlenlager aus ihrem Untergang hervorgehen konnten. Die sämmtlichen, noch jetzt vorkommenden Pflanzen theilt man nach dem Jussieu'schen natürlichen System bekanntlich ein in die Akotyledonen (Linnée's Cryptogamen), Monocotyledonen und Dicotyledonen. Die erstern, die am wenigsten entwickelten, tragen keine deutlichen Blüthen und Saamen und pflanzen sich durch sog. Keimzellen oder Sporen fort; zu ihnen gehören die Algen, Flechten und Pilze, die man auch unter dem Namen der Zellenpflanzen (Plantae cellulares) zusammenfaßt, und die Farrn, Schachtelhalme und Bärlappen oder Lycopodiaceen, welche jenen gegenüber als die einfachsten und unvollkommensten Gefäßpflanzen zu bezeichnen sind. Die Monocotylebonen (Pflanzen mit einem Saamenlappen) stellen schon höhere Entwicklungsformen dar, und zeichnen sich durch ihre parallel laufenden Blattnerven aus; es gehören zu ihnen die Gräser, die Liliaceen, die Bromelien, die Palmen, die Orchideen u. s. w. Die Dicotyledonen endlich, die durch den doppelten oder mehrfachen Saamenlappen und ihre netzförmigen Blätter charakterisirt sind, sind die höchst entwickelten Pflanzenformen; die große Mehrzahl der jetzt existirenden Gewächse gehört zu ihnen. Fragen wir nun, welchen von diesen Ordnungen wir in den tiefsten Erdschichten begegnen, so sind es ausschließlich die blüthenlosen Acotyledonen; es sind wenige Algen, Lycopodiaceen und höher hinauf Equisetaceen (Schachtelhalme) und Farrn, welche uns in den silurischen und devonischen Schichten, ja selbst noch in der Steinkohlenschichte entgegentreten. In den untern und obern silurischen Schichten finden sich nur die niedrigsten Pflanzenformen, die zu den Algen gehörigen und nur

im Wasser wachsenden Fucoideen (Fig. 1); in den devonischen Schichten kommen schon Schachtelhalme (Fig. 2), Farrn u. s. w. aber nur

Fig. 1.



Fucoidee aus den obern silurischen und devonischen Schichten (Chondrites antiquus Sternb.). Fundort: Winningen in der Nähe von Coblenz.*)

Fig. 2.



Equisetacee: Calamites transitionis (Goeppert) aus dem Kohlenkalk und der jüngern Grauwacke (in Schlesien, Sachsen, am Harz u. s. w.)**)

*) Die doppelt große Originalzeichnung befindet sich in Goeppert's Untersuchungen über die fossile Flora des Uebergangsgebirges (Nov. act. acad. C. L. C.)

**) Die Originalzeichnung findet sich in Goeppert's fossiler Flora des Uebergangsgebirges (Nov. act. acad. C. L. C.)

spärlich vor;*) in der Steinkohle tritt dagegen ein großer Reichthum an Arten der Acotyledonen hervor und es finden sich hier Farrn

---

*) „Ueber die fossile Flora des Uebergangsgebirges" hat Dr. H. R. Goeppert in den Verhandlungen der kaiserl. leopoldinisch carolinischen Academie Bd. 22 eine treffliche Untersuchung niedergelegt. Wir können es nicht unterlassen, seine Schlußbetrachtungen hier mitzutheilen und schicken zum Verständniß derselben nur so viel voraus daß der Verfasser die Uebergangsperiode eintheilt in:

1. Silurische Formation.
   a. untere silurische Formation,
   b. obere „ „
2. Devonische Schichten.
3. Kohlenkalk.
4. Posydonomienschiefer.
5. Jüngere Grauwacke.

Es heißt in dem bezeichneten Werke pag. 278 folgendermaßen:

1. Landpflanzen fehlen in den ältesten oder silurischen Schichten, wie die in dieser Hinsicht ganz besonders werthvollen Forschungen der amerikanischen Geologen für Amerika nachgewiesen haben. Seepflanzen, und zwar Fucoiden, beginnen auf unserer Erde die Vegetation. Sie lebten zugleich mit den ersten Thieren, lediglich Meeresbewohnern, wie Zoophyten, Muscheln und Crüstaceen. Jedoch können wir nicht behaupten, daß diese erste Vegetation sich so auffallend verschieden von der unsrigen zeigte, wie dies von der Landvegetation der Steinkohlenformation im Vergleich zu der gegenwärtigen gesagt werden muß. Eben so wenig gehören jene Algen den niedrigsten Bildungsstufen dieser Pflanzenfamilie an, sondern vielmehr den höchsten, den Florideen und Fucaceen. Schwerlich waren diese jedoch einst vorhanden; viele Arten werden wir noch finden und eine unendliche Anzahl ist uns nicht erhalten, sondern vor der Einschließung zersetzt worden, lieferte vielleicht den Kohlenstoff, den wir in den schwarzen Thon-Anthracitschiefern oder gar im Graphit antreffen. So hält z. B. Forchhammer es für gar nicht unwahrscheinlich, daß der ganze Gehalt von Kohle, Schwefel und Kali, welcher im skandinavischen Alaunschiefer vorkommt, von einer ungeheuern Menge Algen herrühre, die, mit Thon gemischt, sich in solchem Umfange, wie etwa unsere heutigen Sargasso-Meere ablagerten.

2. In Amerika wie in Europa treten die ersten Landpflanzen (in den devonischen Schichten) und zwar nur sehr vereinzelt auf, beginnen jedoch schon mit bekannten Familien und Gattungen der Steinkohlenflora (Lycopodiaceen, Filices, Sagenarien, Calamiten und Asterophylliten), vermischt

mit Seepflanzen (Fucoiden), welche letztere gewisse Schichten, wie die der Cypridinenschiefer, vielleicht ausschließlich einnehmen.

3. Im Kohlenkalk sind die Pflanzen schon zahlreicher. Fucoiden scheinen zu fehlen, wenigstens sind sie bis jetzt noch nicht gefunden. Zu den vorhin genannten Landpflanzen treten Farrn in größerer Mannigfaltigkeit hinzu, wie auch Stigmarien, Sigillarien, Noeggerathien und Coniferen, letztere zum Theil ohne Jahresringe. Bei der geringen Zahl der Farrn läßt sich das Vorherrschen der Neuropteriden wahrnehmen, was auch in den jüngern nächstfolgenden Abtheilungen des Uebergangsgebirges der Fall ist. Nächst ihnen treten die Sphenopteriden zuerst hier auf. Pecopteriden erscheinen erst in den folgenden jüngern Schichten. Die beiden letztern, mit den noch lebenden Gattungen innigst und nach allen Richtungen verwandt, treten jedenfalls später als die Neuropteriden auf, die mit den jetzt lebenden Arten weniger nahe verwandt sind.

4. Die Flora des Posidonomienschiefers ist von der der jüngern Grauwacke hinsichtlich der Gattungen und Arten wenig verschieden, ja selbst in verschiedenen Gegenden, wie am Harz und in Schlesien, haben sie mehre Arten gemeinschaftlich. Fucoiden fehlen gänzlich, Equiseten, namentlich Calamiten, Farrn, insbesondere die Gruppe der Neuropteriden und Sphenopteriden herrschen vor (Pecopteriden sind nur durch ein paar Arten vertreten).

5. Die größte Verbreitung unter den bis jetzt bekannten Landpflanzen haben Calamites transitionis Goepp., C. Roemeri Goepp. Sagenaria Veltheimiana Presl., welche also wohl recht eigentlich als Leitpflanzen für die jüngern Schichten der Uebergangsformation, in denen die Landpflanzen beginnen, betrachtet werden können.

6. Die Gesammtzahl sämmtlicher in den verschiedenen Schichten des Uebergangsgebirges bis jetzt entdeckten Arten, incl. 7 gewiß verschiedener, aber nur fragmentarisch erhaltener Arten, so daß sie nicht charakterisirt werden konnten, beträgt 136, welche folgenden Familien angehören:

	Fucoiden	28	Arten
	Equiseten	15	„
	Asterophylliten	4	„
Filices	Sphenopteriden	16	„
Filices	Neuropteriden	10	„
Filices	Pecopteriden	3	„
	Noeggerathien	8	„
	Lycopodiaceen	40	„
	Sigillarien	5	„
	Cycadeen	2	„
	Stigmaria	1	„
	Coniferen	4	„
		136.	

(Filiceen) (Fig. 3 u. 4), Schachtelhalme (Equisetaceen) (Fig. 5), Bärlappen (Lycopodiaceen) u. s. w. zu einer Größe und Mächtigkeit ent-

Fig. 3.



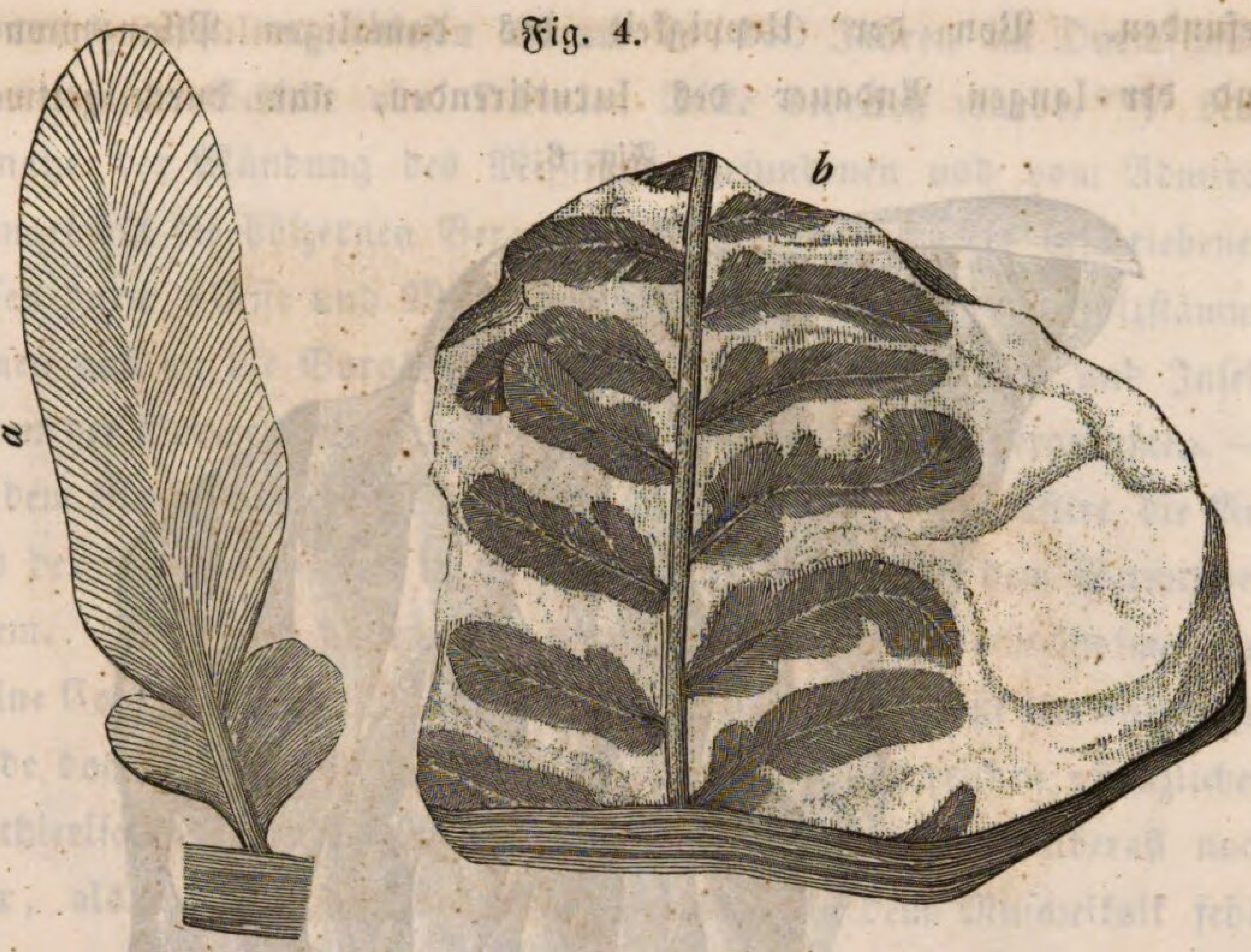
Felicee. — Pecopteris abbreviata (Brogn.) aus dem Kohlenschiefer von Hermsdorf bei Waldenburg. *) (Natürl. Größe.)

Sämmtliche Hauptfamilien der Kohlenformation, mit alleiniger Ausnahme der auch in dieser Formation nur sparsam beobachteten Palmen, sind unter ihnen vertreten. Hieraus geht nun allerdings wohl hervor, wie auch Brogniart schon behauptete, daß in der langen Periode von dem ersten Erscheinen der Vegetation der Erde bis auf den rothen Sandstein, der die Steinkohlen bedeckt, keine wesentliche Verschiedenheit in der Vegetation in den verschiedenen Schichten gefunden werde. Es sind, setze ich hinzu, fast überall dieselben Gattungen, aber mit äußerst wenigen Ausnahmen nicht dieselben Arten.

Vorläufig glaube ich, daß sich die aus den vorstehenden Sätzen ganz unverkennbar ergebende Reihenfolge in der Entwicklung der Vegetation auch noch ferner bestätigen werde. —

*) Nach der Natur gezeichnet. Das Original befindet sich in der Privat-Sammlung des Hrn. Kammerherrn von Witzleben in Oldenburg.

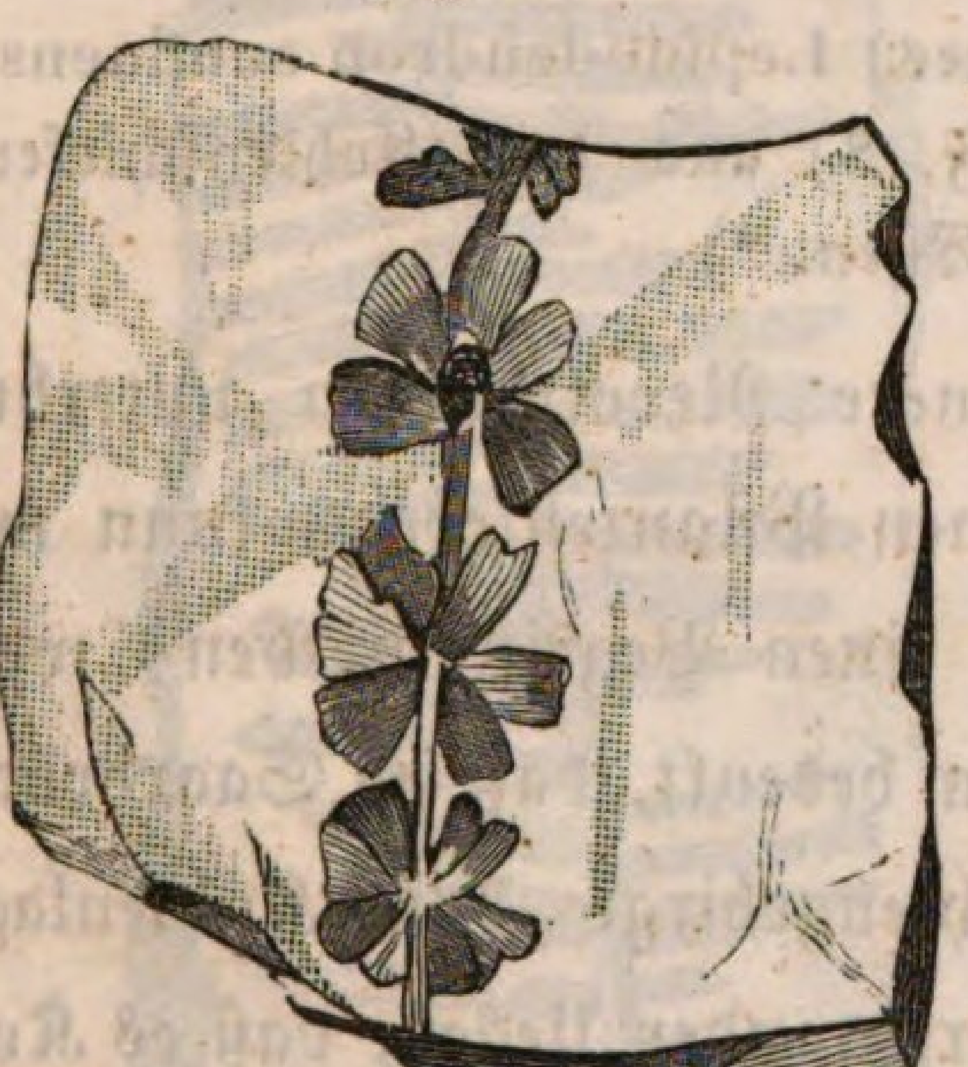
Fig. 4.



Filicee. — Odontopteris Sternberg (?), aus dem Kohlenschiefer bei Berschweiler.
a. Blatt in natürl. Größe. b. 1/3 d. natürl. Größe. *)

wickelt, von welcher wir heutigen Tages kaum einen Begriff haben.

Fig. 5.



Equisetacee. Rotularia marsileaefolia aus dem Kohlenschiefer vom Piesberg bei Osnabrück. **)

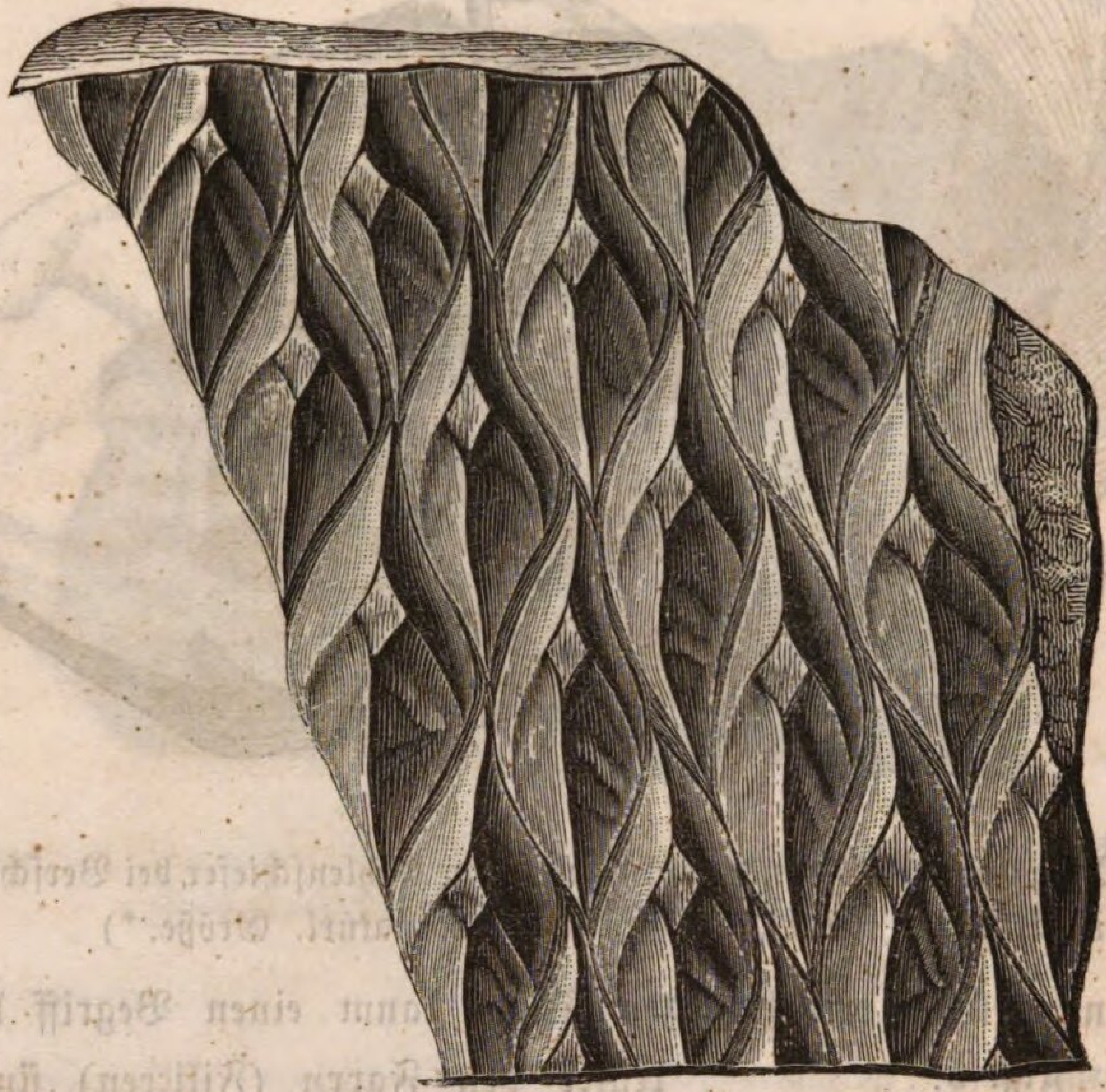
Unter den Farrn (Filiceen) sind die Neuropteriden, Sphenopteriden und Pecopteriden ausgezeichnet; unter den Lycopodiaceen die Lepidodendren (Fig. 6) und Sigillarien, welche letztere auch von Einigen als besondere Familie betrachtet werden (Fig. 7). Auch Nadelhölzer (Coniferen), welche zu den nacktsaamigen Dicotyledonen gehören, und einzelne monocotyledone Palmen nehmen schon an der Bildung der Steinkohlenschicht einen nicht unbedeutenden Antheil. Andere Dicotyledonen sind aber bis dahin in derselben nicht auf-

*) Nach der Natur gezeichnet. — Das ausgezeichnet schöne Original befindet sich im großherzogl. oldenburg. Museum.

**) Nach der Natur gezeichnet. — Natürl. Größe. — Das Original befindet sich in der Sammlung des Hrn. Kammerherrn v. Witzleben in Oldenburg.

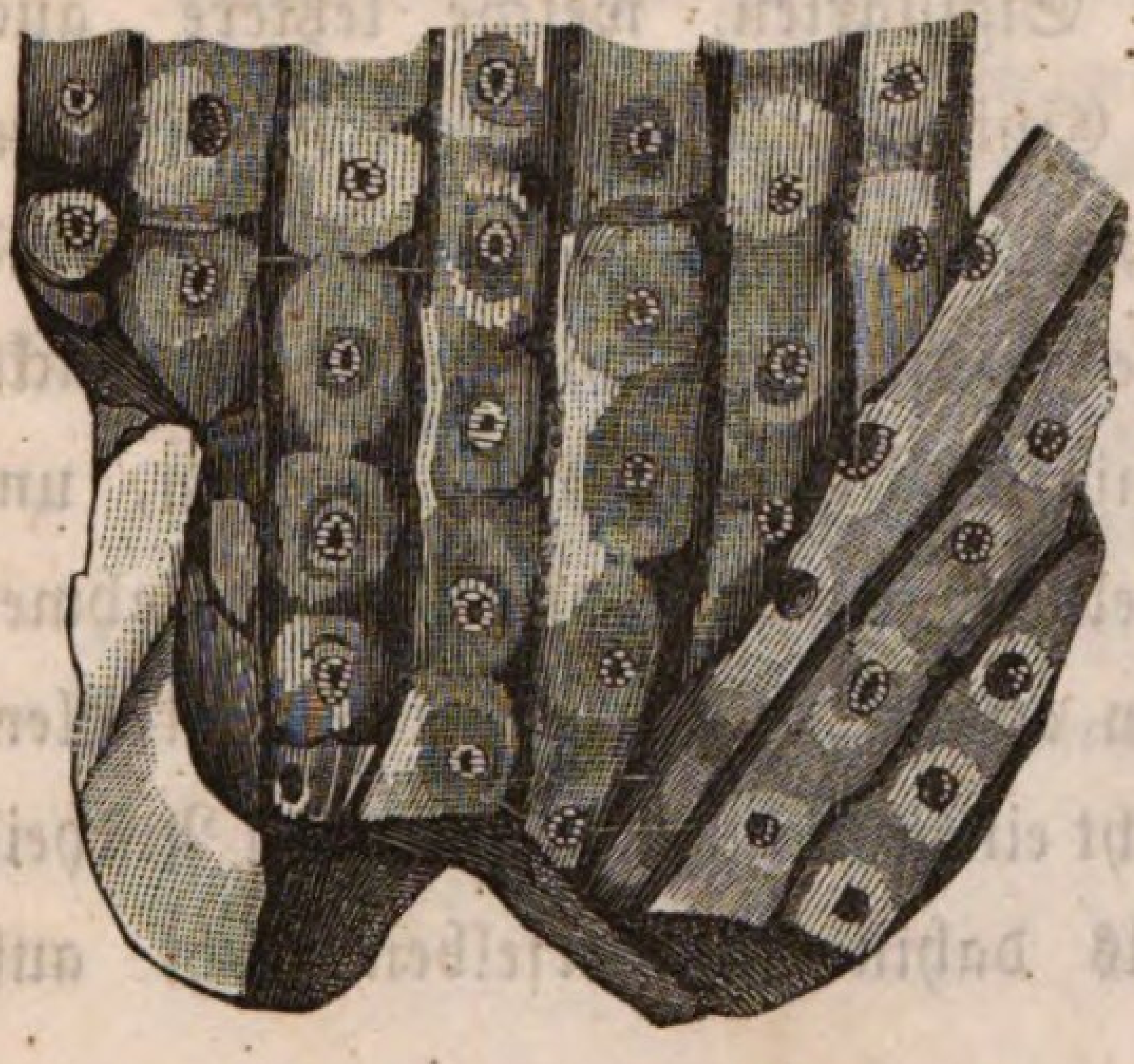
gefunden. Von der Ueppigkeit des damaligen Pflanzenwuchses und der langen Andauer des luxuriirenden, nur durch zeitweilige

Fig. 6.



Sagenaria Goeppertiana. (Rinde des Stammes) Lepidodendron confluens? nach Bronn (Lethaea geogn. Taf. VI. F. 8) aus dem Kohlenschiefer von Himmelsfürst bei Essen. *)

Fig. 7.



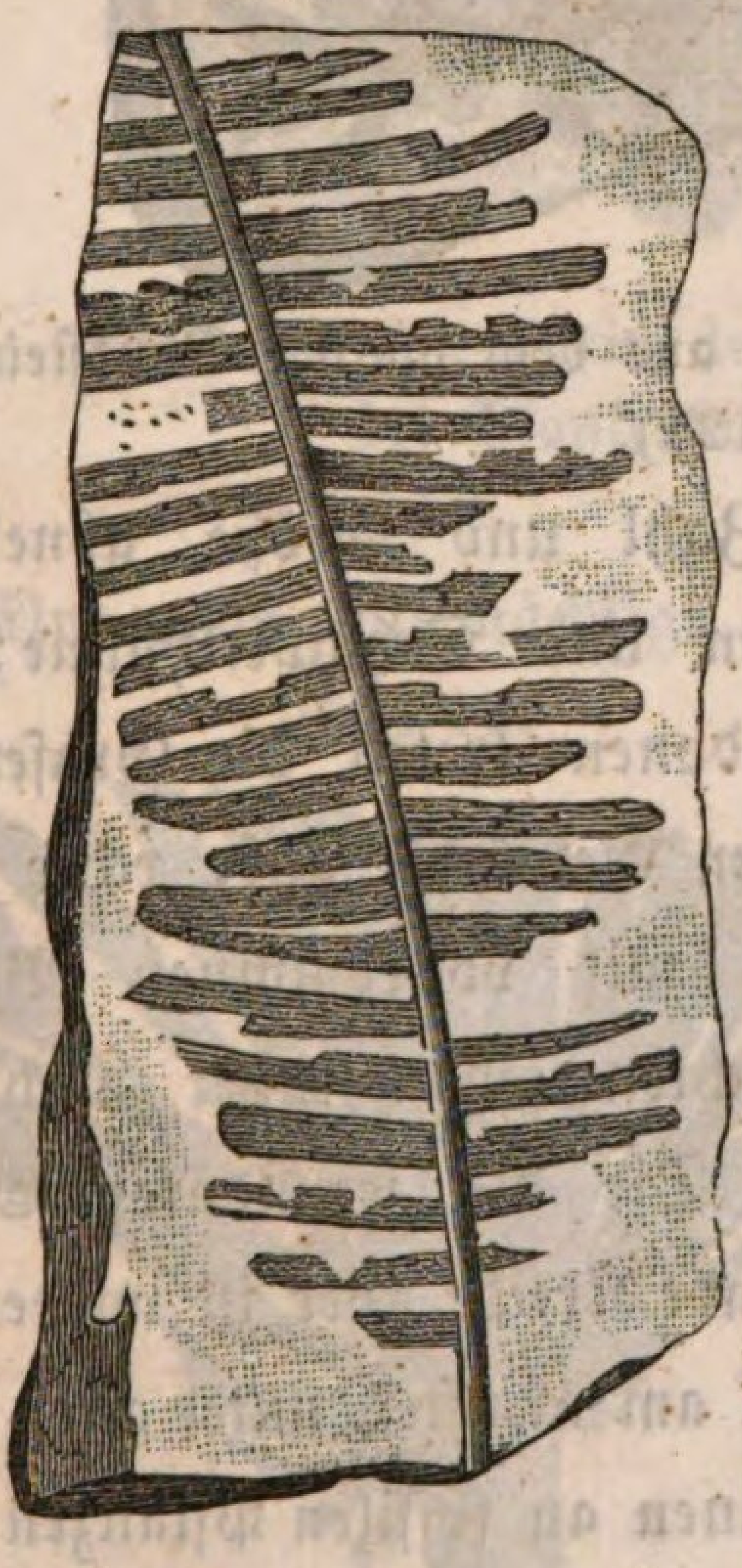
Sigillaria (Rinde des Stammes), aus dem Kohlenschiefer von Waldenburg in Schlesien (s. N. *) a. f. S.).

kleinere Revolutionen unterbrochenen Pflanzenlebens kann man sich einen Begriff machen, wenn man bedenkt, daß im Saarbrücker Kohlengebirge 120 Kohlenlager übereinander liegen, daß es Kohlenflötze von 30, ja zu Johnstone in Schottland von 50 Fuß Mächtigkeit giebt, während in der Waldregion unserer gemäßigten Zone nach Chevandier's Berechnung die Kohle, welche die Waldbäume eines gegebenen Flä-

†) Nach der Natur gez. — Natürl. Größe. — Das Original befindet sich in

chenraums enthalten, diesen Raum in 100 Jahren im Durchschnitt nur mit einer Schicht von 7 Linien Dicke bedecken würde.**) Nur die nahe der Mündung des Mississippi gefundenen und vom Admiral Wrangel als die hölzernen Berge des sibirischen Eismeers beschriebenen Massen durch Flüsse und Meeresströme zusammengetriebener Holzstämme mahnen uns an die Vorgänge, welche in den Binnenwässern und Inselbuchten der Vorwelt die Erzeugung der Steinkohlenlager veranlaßten. — Mit dem Reichthum der Vegetation dieser Periode contrastirt die Armuth der Pflanzenformen in der Zechsteingruppe oder dem Permischen System. Auch hier finden sich nur noch Farrn, Schachtelhalme und einzelne Coniferen; ihre Menge ist aber gering; eine große Umwälzungsperiode documentirt sich hier in dem Erlöschen eines reichen pflanzlichen und thierischen Lebens. Auch in der Trias ist die Flora überall noch ärmer, als zur Zeit der Steinkohlenperiode; in dem Muschelkalk fehlt es fast ganz an fossilen Pflanzen. Farrn finden sich noch in vorwiegender Zahl, Equiseten finden sich in der zum Keuper gehörigen Lettenkohle, neben ihnen mehren sich aber die Nadelhölzer und die zwischen ihnen und den Farrn in der Mitte stehenden Cycadeen. Diese bilden oft kurze, dicke, gedrängte, oft 60 Fuß hohe Stämme, die ungeästelt sind und an der Spitze einen Schopf gefiederter, zäher, lederartiger Blätter tragen (Fig. 8). Die Familie der Tannen findet sich in dem bunten Sandstein durch die Albertia vertreten (Fig. 9); die zu den nacktsaamigen Dicotyledonen gehörige Familie der Cypressen, durch die Gattung Voltzia. In den Jurassischen Schichten

Fig. 8.



Cycadee. Pterophyllum Jaegeri. Aus dem „Schilf-Sandstein“ (Keuper) Stuttgardts.***)

---

der Privatsammlung des Hrn. Kammerherrn v. Witzleben in Oldenburg.

*) Nach der Natur gez. — Natürl. Größe. — Das Original befindet sich in der Sammlung des Hrn. Kammerherrn v. Witzleben in Oldenburg.

**) S. Kosmos I. pag. 295.

***) Copie (1½ Größe). Die Originalzeichnung befindet sich in Bronn's Lethaea Taf. XII. Fig. 1.

nimmt die Vegetation wieder einen geringen Aufschwung. Die nacktsaamigen Cycadeen (Fig. 10) und Coniferen gewinnen das Uebergewicht über

Fig. 9.



Albertia latifolia (Zweig mit Blättern) aus dem bunten Sandstein (s. N. *) a. S. 128).

Fig. 10.

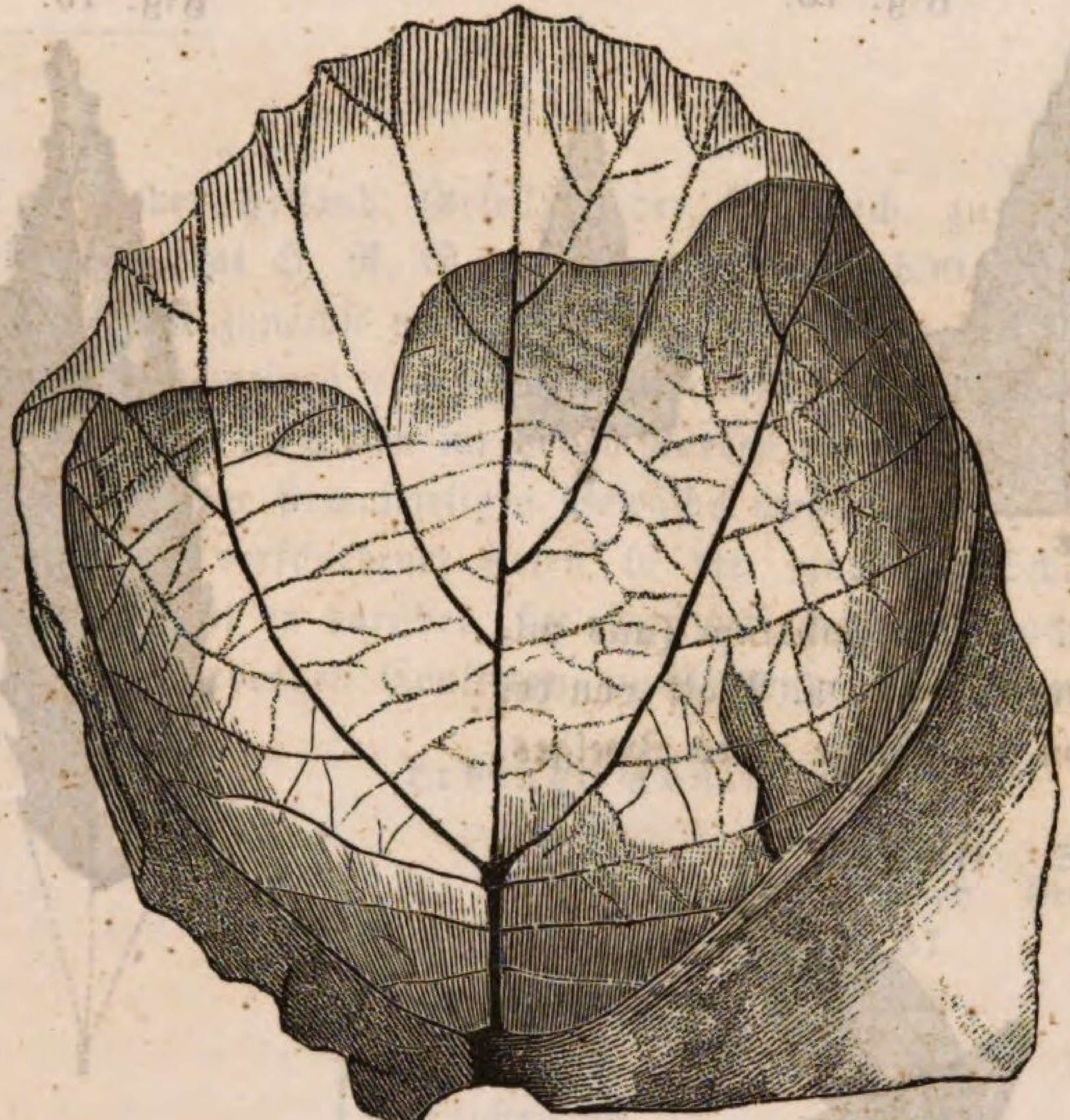


Cycadee. Zamia pectiniformis (Aus den Juraschiefern von Stonesfield (s. N. **) a. S. 128).

die an Zahl und Größe abnehmenden Farrn und Schachtelhalme; von Monotyledonen treten die Gräser und rohrartigen Gewächse auf; echte Dicotyledonen mit vollkommnen Blüthen und Früchten fehlen aber auch hier noch. — Die die secundären Gebilde abschließende Kreide aber ist wieder arm und wohl am ärmsten unter allen Sedimentgesteinen an fossilen Pflanzen. Die aufgefundenen sind namentlich einige Meerespflanzen, Najaden, und außerdem Cycadeen, Cypressen und Tannen; Farrn kommen selten vor; einige aufgefundene Blätter und Früchte (von Weiden und Birken) können als erste Anfänge der

Dycotyledonen betrachtet werden. Sehr bekannt unter letztern sind die Blätter der Credneria (Fig. 11).

Fig. 11.



Blatt der Credneria denticulata aus dem Quadersandstein bei Blankenburg (s. N. ***) a. f. S.).

Eine neue und mächtige, der der Steinkohlenperiode ähnliche Vegetation tritt uns dagegen in den Tertiärgebilden entgegen; in ihnen liegt eine Flora begraben, die an Formenreichthum diejenige der älteren Schichten bei Weitem übertrifft, die an Ueppigkeit noch mannigfach an die Steinkohlenperiode erinnert, in mancher Beziehung aber auch schon der heutigen Flora nahe kommt. Zu den Formen der Secundärgebilde gesellen sich jetzt zunächst die Palmen (Fig. 12) und später die

Fig. 12.



Palme. Blatt und Blattstiel von Flabellaria raphifolia (aus der Braunkohlen-Formation. Pariser Becken) s. N. †) a. f. S.

Ulmen, die Ahorne (Fig. 13), Lorbeern (Fig. 14), Eichen Fig. 15), Pappeln u. s. w., die Fichten und Tannen mehren sich bedeutend an Zahl; **†)

Fig. 13.



Ahorn-Blatt. Acer trilobatum (aus miocäner Braunkohle. ††) a. Blatt von der Basis, b. von der Spitze eines Zweiges.

Fig. 14.



Laurinee. Blatt der Daphnogene polymorpha (aus der Molasse). †††)

Fig. 15.



Eichen Blatt. Quercus drymeja (aus den Mergel-Schiefern der Braunkohlen-Bildungen). *†)

---

*) Copie in $1/2$ Größe nach Goeppert: Monographie der fossilen Coniferen. Taf. 46. Fig. 2.

**) Copie ($1/2$ Größe). Die Originalzeichnung befindet sich in Bronn's Lethaea Taf. XIV. Fig. 10.

***) Nach der Natur gez. $1/2$ nat. Größe. Das Original befindet sich im großherzogl. oldenb. Museum. Die punktirten Linien stellen eine Restauration nach Bronn (Lethaea Taf. XXVIII. Fig. 10) dar.

†) Copie $1/2$ Größe ($1/4$ nat. Größe), nach Bronn (Lethaea geogn. Taf. XXXV. Fig. 2).

††) Copie ($1/2$ Größe), nach Bronn (Lethaea geogn. Taf. XXXV. Fig. 10.

†††) (Copie $1/2$ Größe) nach Bronn (Lethaea geogn. Taf. XXXIV. 3. Fig. 2).

*†) Copie nach Bronn (Lethaea Tab. XXXIV. 3. Fig. 1) $1/2$ Größe.

**†) Eine sehr interessante „Monographie der fossilen Coniferen,"

Laubhölzer von mehr oder minder tropischem Charakter finden sich in Menge. Manche Stämme der Braunkohlenlager weisen uns außerdem

---

eine von der holländ. Gesellsch. der Wissensch. zu Haarlem gekrönte Preisschrift, hat H. R. Göppert im Jahre 1850 geliefert.

Er weist zunächst nach, daß die Verbreitung der fossilen Coniferen im Allgemeinen viel ausgedehnter erscheine, als die der lebenden, indem sie auch an Orten im hohen Norden vorkommen, wo schon längst kein Baum oder strauchartiges Gewächs mehr gedeihe. Hinsichtlich des Vorkommens verschiedener Arten in den einzelnen Schichten der Erdrinde, so giebt er darüber, bei Zugrundlegung der nachstehenden Eintheilung der lebenden Coniferen, nachfolgende Mittheilungen:

Lebende Coniferen:

		Nördl. Hemisph.	Südl. Hemisph.
I. Cupressineen	Juniperus	37	—
	Widdringtonia	—	5
	Frenela	—	18
	Actinostrobus	—	1
	Callitris	1	—
	Libocedrus	—	3
	Biota	2	—
	Thuja	4	—
	Thujopsis	1	—
	Cupressus	9	—
	Chamaecyparis	6	—
	Taxodium	3	—
	Glyptostrobus	2	—
	Cryptomeria	1	—
		66	27
III. Abietineae	Pinus	113	1
	Larix	—	—
	Araucaria	—	6
	Dammara	1	1
	Cunninghamia	1	—
	Arthrotaxis	—	3
	Sequoia	2	—
	Sciadopitys	1	—
		118	11

nach, welch' riesenmäßige Dicke und hohes Alter einzelne Bäume erlangten. So wurde, wie uns Humboldt erwähnt, bei Bonn ein

---

		Nördl. Hemisph.	Südl. Hemisph.
III. Podocarpeae	Podocarpus	10	31
	Dacrydium	—	5
	Microcachrys	—	1
		10	37
IV. Taxineae	Phyllocladus	—	2
	Salisburya	1	—
	Cephalotaxus	4	—
	Torreya.	2	—
	Taxus	6	—
		13	2
V. Gnetaceae	Gnetum	1	6
	Ephedra	17	4
		18	10

Von diesen Arten kommen in den verschiedenen durchforschten Steinkohlenlagern fast nur Abietineen und überall nur einige Arten derselben vor (ähnlich Araucaria, Dammara, Pinus). Im Zechstein treten Cupressineen mit der ihnen eigenthümlichen Gattung Ullmannia hinzu. Im Muschelkalk beobachtete man bisher nur Pinus ähnliche Arten. Der bunte Sandstein, auch noch andre Cupressineen enthaltend, zeichnet sich durch die, bis jetzt wenigstens nur in der fossilen Flora beobachtete Gattung Voltzia und durch die zu den Abietineen gehörigen Albertia und Füchselia aus. Im Keuper sehen wir außer Pinus und Araucaria zuerst Taxineen; in der Lias- und Juraformation außer Araucarien, in der letztern Pinus und Cupressineen (Thuja und Taxodium ähnlich); in der Wealdenformation kommen Cupressus ähnliche Formen vor.

Mannigfaltiger gestaltet sich die Coniferenflora in der Grünsandformation oder der vereinigten Kreideformation; Cunninghamia, Dammara kommen hinzu. In der Molasse finden sich fast aller jetztweltlichen Gattungen Repräsentanten, so wie Vermehrung durch die Gruppe der Gnetaceen. In dieser fast auf der ganzen Erde durchforschten Formation herrschen im Allgemeinen die Cupressineen vor, Araucarien fehlen auch nicht, die vereint mit kolossalen Ahornen und Palmen vollkommen ausreichten, der Gesammtvegetation ein von der an denselben Lokalitäten gegenwärtig vorhandenen fremdartiges, fast subtropisches Aussehen, ähnlich den in den südlichen Provinzen der vereinigten Staaten zu verleihen. Wenn wir aber erwägen, daß wir unsre ganze, etwa erst seit 6 Jahren

Stamm gefunden, in welchem Noeggerath 792 Jahresringe zählte; und im nördlichen Frankreich, unweit Abbeville sind im Torfmoor der

---

durch Bowerbank, Göppert, Hartig und Unger begründete Kenntniß dieser Flora nur einigen, weniger genau untersuchten Punkten Deutschlands und Englands verdanken, und damit die zahllosen oben angeführten Fundorte vergleichen, so geht daraus klar hervor, welcher unendlichen Erweiterung dieser Zweig der Wissenschaft noch fähig ist.

Als Gesammtresultat bisheriger Forschungen ergiebt sich:

1. Daß der Uebergangsformation nur 2 (in der S. 121 erwähnten Arbeit giebt der Verf. schon 4 an), in der Steinkohlenformation 9, dem Rothliegenden 1, dem Zechstein und bunten Sandstein je 7, dem Keuper 6, dem Lias 8, der Jura 11, der Wealdenformation 4, der Kreide dagegen schon 16 und der Braunkohlenformation eine gegen die übrigen Formationen unverhältnißmäßig große Menge, 130 Arten angehören. Die meisten sind in Europa gefunden worden, natürlich aus keinem andern Grunde, als weil man hier am meisten darnach forschte, kaum einige in Amerika, Asien, Australien und Afrika.

2. In den jüngern Formationen vermehren sich die Arten den ältern gegenüber rasch. Mit der Annäherung der vorweltlichen Floren an die der Gegenwart, welche bei der der Braunkohlenformation unstreitig am größten ist, nimmt mit der Zahl und Mannigfaltigkeit der Gattungen und Arten auch die Verbreitung und Ausdehnung der Familien in den verschiedenen Zonen der Erde zu. Unter den Gruppen der Coniferen selbst kommen die Abietineen in allen Formationen vor, die Araucarien unter ihnen gehen jedoch von der Steinkohlenformation nur bis zur Keuperbildung. Auch die Cupressineen fehlen fast nirgends und erstreckten sich selbst in die Steinkohlenformation, wenn die von Goeppert beschriebene und abgebildete Gattung Calycocarpus thujoides wirklich dahin gehört. Die Taxineen zeigen wenigstens nach Goeppert's Beobachtungen (Hartig spricht zwar sogar von Taxineen in der Steinkohlenformation), die beschränkteste Verbreitung, indem er sie bis jetzt nur innerhalb der Tertiärformationen antraf. Ob nun aber die fossilen Coniferen der jüngern Formation, insbesondere der Braunkohlenformation der wärmern Zonen unserer Erde, mit denen unserer Gegenden auf ähnliche Weise übereinstimmen werden, wie dies bei den Coniferen der Steinkohlenformation (zum Beweise der damaligen überall gleichmäßigen Temperatur auf der Erdoberfläche) der Fall ist, oder ob hier andere Gattungen auftreten, kann G. in Ermangelung desfallsiger Beobachtungen weder bejahen noch verneinen, möchte sich aber eher für das Letztere erklären, da entschieden wohl zur Zeit der jüngern Vegetationsperioden eine unsern gegenwärtigen klimatischen Verhältnissen ähnliche Vertheilung der Klimate und somit auch größere örtliche Verschiedenheiten in der Vegetation stattfanden.

Somme Eichen von 40 Fuß Durchmesser entdeckt. Die großen Mengen baltischen Bernsteins, die nach Goeppert's Untersuchungen von einer unserer Roth- und Weißtanne ähnlichen Conifere herstammten, legen ebenfalls einen Beweis ab von dem Reichthum des damaligen Pflanzenlebens. „Der Bernsteinbaum der Vorwelt (Pinites succifer),“ sagt von Humboldt, „hatte einen Harzreichthum, welcher mit dem keiner Conifere der Jetztwelt zu vergleichen ist, da nicht bloß in und auf der Rinde, sondern auch im Holze nach dem Verlauf der Markstrahlen, die, wie die Holzzellen, noch deutlich unter dem Microscop zu erkennen sind, wie peripherisch zwischen den Holzringen große Massen Bernsteinharz, bisweilen weißes und farbiges zugleich, abgelagert sind.“ Eben dieser Bernstein der baltischen Küstenländer ist durch seine Einschlüsse von Thuja, Cupressus, Ephedera und Castania vesca aber auch ein sicherer Beweis, daß in jener Periode auch noch in unseren Gegenden ein tropisches Klima herrschte, abgesehen von den größeren sog. tropischen Pflanzenformen, die sich in den Braunkohlenlagern der gemäßigten Zone aufbewahrt finden. Insonderheit in den tiefern Schichten der Tertiärgebilde fehlt es auch nicht an acotyledonen oder kryptogamischen Landpflanzen; aber sie treten an Menge sehr zurück und wo sich hier Farrn, Schachtelhalme und Lycopodiaceen finden, haben sie schon ihre frühere colossale Form verloren und sich derjenigen Form und Größe genähert, welche sie noch heutigen Tages, insonderheit in den Tropenländern besitzen.

In dem Diluvium und Alluvium endlich begegnen wir fast nur noch Resten solcher Pflanzen, die noch jetzt lebend angetroffen werden. In ihnen haben diese Pflanzenreste, in ähnlicher Weise wie früher größere Stämme die Steinkohle und Braunkohle, die mächtigen Torflager gebildet, welche unsere Niederungen bedecken und uns ein fast unentbehrliches Brennmaterial liefern. Dieser Torf, das jüngste der kohlenartigen

---

3. Nicht eine einzige Art kommt in zwei verschiedenen Formationen zugleich vor und nur eine einzige Art: Pinites Pumilio (aus der Molasse) zeigt, wenigstens nach Maaßgabe der zum Vergleich vorliegenden Zapfen und blattlosen Zweige, mit der jetztweltlichen Pinus Pumilio völlige Uebereinstimmung. —

Gebilde, verdankt seine Bildung namentlich einem unscheinbaren Moose (Sphagnum) und entsteht durch freiwillige Zersetzung (Verwesung) bei unvollkommenem oder ganz abgeschlossenem Luftzutritt. Sauerstoff und Kohlenstoff treten aus der Verbindung der Pflanzen oder Holzfaser in der Form von Kohlensäure, Kohlenstoff und Wasserstoff in der Form von Kohlenwasserstoff (Sumpfgas) aus und das Rückbleibende wird relativ immer reicher an Kohlenstoff. So entstehen Holzerde, Heideerde, Moder, die überall einen Bestandtheil unserer Dammerde oder des Humus bilden. Auch die interessante Bildung untermeerischer Wälder, die aus Tannen, Buchen, Eichen u. s. w. bestehend, oft eine der Braunkohle ähnliche Beschaffenheit haben und in Folge einer Erhebung der Küsten von dem durch Flüsse angeschwemmten Schlamm begraben wurden, fällt in diese Periode. Alle Pflanzen aber, die uns in den jüngsten Gebilden der Erdrinde entgegentreten, finden sich auch noch in der gegenwärtigen Zeit unter den lebenden Arten; seit Jahrtausenden hat im Allgemeinen die Verbreitung und äußere Form der wesentlichsten Pflanzengattungen nur wenige Veränderungen erlitten.

Nach dieser allgemeinen Skizze wird es nicht schwer sein, einige charakteristische Merkmale der vorweltlichen Flora im Vergleich derselben mit der gegenwärtigen aufzufinden. Sie war zunächst ausgezeichnet durch die Production derjenigen Formen, die wir jetzt als die einfachsten, wenigst vollkommnen kennen, ließ diese Formen aber zu einer individuellen Entwicklung gelangen, die wir jetzt nur selten beobachten. Manche Arten sind ganz ausgestorben und bildeten gleichsam nur Zwischenstufen in der Entwicklung der Organismen; wir finden damals Uebergänge von einer Form zur andern, wie sie heutigen Tages nicht mehr existiren. So stehen z. B. die Lepidodendren zwischen den Coniferen und Lycopoditen, und Lindley sagt von ihnen, daß sie eine bessere Uebergangsform von blüthenlosen zu blühenden Gewächsen bilden, als irgend ein andres Genus. *) — Hinsichtlich der äußern Form trug die älteste vorweltliche Flora den Charakter großer Einfachheit und Einförmigkeit. Die meisten Gewächse waren blüthenlos; die wenigsten trugen Früchte. Das Zusammenleben von Pflanzen, die jetzt nicht mehr

---

*) S. Kosmos I. pag. 294 u. 468.

ein und dasselbe Vaterland kennen, war ein anderweitiger Charakterzug der damaligen Flora. Coniferen und Palmen kommen vereinzelt schon in der Steinkohle, mehr aber in den untern Tertiärformationen fast immer zusammen vor, während wir sie jetzt nur in einzelnen Districten der temperirten Zone der südlichen Hemisphäre zusammenlebend vorfinden. *) Eine großartige Mannigfaltigkeit von Pflanzenformen tritt uns schon in der Braunkohlenperiode entgegen; in den obern Schichten der tertiären und jüngsten Formationen begegnen wir endlich der Flora der gegenwärtigen Zeit. Anfängliche größte Einfachheit der Formen bei zum Theil üppiger Ausbildung derselben, Hervortreten untergegangener Uebergangsarten von einer Species zur andern, allmähliges Aufsteigen von niedrigern zu höher entwickelten und den jetzt höchst entwickeltesten Formen sind die Hauptcharaktere der urweltlichen Flora. **)

Wir gedachten schon oben der Bedeutung, welche untergegangene Pflanzen und Wälder und deren allmählige Metamorphosen für die Gestaltung der Erdoberfläche hatten. Hier wollen wir noch an jenen Einfluß erinnern, welchen die Entwicklung eines so reichen Pflanzenlebens, wie es namentlich zur Zeit der Steinkohlenperiode Statt hatte, auf die Veränderung der Atmosphäre ausüben mußte. Nach unserer früheren Auseinandersetzung war die Atmosphäre in den ältesten Perioden der Erdbildung bei Weitem reicher an Kohlensäure, als gegenwärtig. Wir wissen aber, daß der Kohlenstoff ein Hauptbildungsmaterial der Pflanze und ihrer einzelnen Bestandtheile bildet; sie nimmt aus der Atmosphäre oder dem Erdboden die Kohlensäure auf, fixirt den Kohlenstoff derselben und giebt den Sauerstoff zum größten Theil an die Luft zurück. Verbrennen wir das Holz, die Steinkohle, die Braunkohle oder den Torf, so führen wir wieder eine Vereinigung des Sauerstoffs der Luft mit dem Kohlenstoff dieser Substanzen herbei und in der Form von Kohlensäure kehrt der letztere wieder in die Luft zurück.

---

*) Kosmos I. pag. 296.

**) Schouw giebt in seinen „Populären Naturschilderungen 1851" unter dem Titel „die Erde, die Pflanzen und der Mensch" drei lesenswerthe Artikel: „die Pflanzen der Vorwelt; Beiträge zur Geschichte der Pflanzen; und das Entstehen der jetzigen Pflanzenwelt." —

Welch' enorme Quantitäten von Kohlenstoff mußten nun aber der Atmosphäre entzogen werden, um jene mächtigen Urwälder zu bilden, die den oben geschilderten Steinkohlenlagern ihre Entstehung gaben! Dieser Kohlenstoff liegt noch jetzt zum größten Theil in der Tiefe der Erdschichten begraben, er kehrte nicht gleich dem Sauerstoff in die Luft zurück. Es mußte diese also stets ärmer und ärmer an Kohlenstoff oder Kohlensäure werden, und die Pflanzen wurden somit die Vermittler zur Herstellung einer für die jüngere Thierwelt respirabeln Atmosphäre. „Mit der Ablagerung von 10 Cubikzoll Splintkohle von Newcastle," berechnet v. Liebig,*) „sind der Atmosphäre 18,000 Cubikfuß Kohlensäure entzogen worden (Splintkohle = $C_{24} H_{26} O$); sie wurde um ein gleiches Volumen an Sauerstoff reicher, ihr Gehalt wurde ferner vergrößert um 4480 Cubikfuß Sauerstoff von dem zerlegten Wasser, dessen Wasserstoff diese 10 Cubikfuß Kohle enthalten." So steht keine Entwicklungsphase in der Geschichte der Erde und der sie bewohnenden organisirten Wesen isolirt da; eine jede derselben bedingte größere oder geringere Modificationen des Entwicklungsganges des Ganzen; wie die einzelnen Bildungsvorgänge und Lebenserscheinungen des individuellen Organismus, so stehen auch die Bildungsvorgänge unserer gesammten Erde und des sie umhüllenden Gasraumes in einem untrennbaren Zusammenhange.

Doch gehen wir zu der Betrachtung der allmählig sich entwickelnden thierischen Organismen über. Auch hier lassen sich durchaus ähnliche Gesetze auffinden, wie in der Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt.

In der Grauwackengruppe (dem untern und obern silurischen und dem devonischen System) begegnen wir zunächst nur Wasserthieren und unter diesen auch nur den niedrigsten oder wenigst entwickelten Arten. Um die Orientirung zu erleichtern, wollen wir in Kürze in Erinnerung bringen, daß das ganze Thierreich in zwei große Classen zerfällt: in die der Wirbelthiere und die der wirbellosen Thiere. Erstere zerfällt dann wieder in vier große Ordnungen: die Säugethiere, Vögel, Reptilien (Lurche) und Fische, letztere ebenfalls in mehre Ordnungen. Verschiedene

*) v. Liebig. Agriculturchemie pag. 25. 1843.

Zoologen theilen diese verschieden ab; ohne darauf jedoch hier einzugehen, wollen wir die folgende zum Anhalt nehmen:

I. Glieder- oder Kerbthiere.
   1. Insekten und Spinnen.
   2. Krustenthiere (Krebse, Krabben u. s. w.).
   3. Würmer.

II. Weichthiere, Mollusken.
   1. Kopffüßler (Cephalopoden) z. B. die Tintenfische.
   2. Schnecken (Gasteropoden).
   3. Kopflose Mollusken (Acephalen) z. B. die Auster.

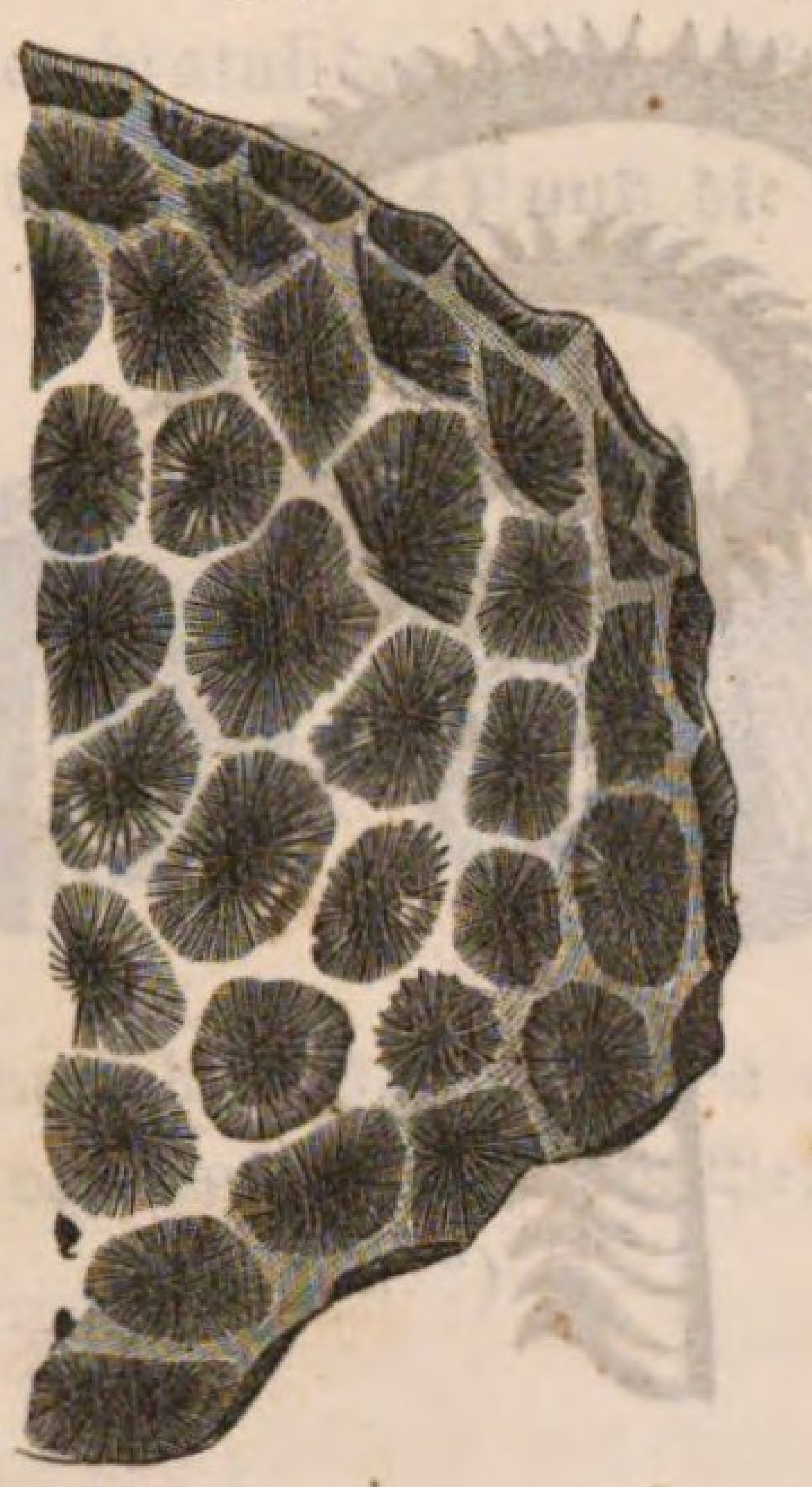
III. Strahlthiere, Radiaten.
   1. Stachelhäuter (Echinodermen), Seeigel, Seesterne u. s. w.
   2. Quallen (Acalephen).
   3. Polypen (incl. der Bryozoën, die man neuerdings den Mollusken anreiht).

IV. Infusorien, Infusionsthiere; kleinste und einfachste Thierformen, deren Classification bis dahin noch nicht endgültig festgestellt werden konnte (incl. der Foraminiferen oder Rhizopoden).

Von all diesen Classen, Ordnungen und Familien finden sich nun in der untern Grauwacke (dem untern silurischen System) nur Vertreter der wirbellosen Thiere, und von diesen nur einzelne, wenige Arten; erst in dem obern silurischen und in dem devonischen System treten die Fische als die ersten Wirbelthiere auf. Viele von jenen Arten sind gänzlich ausgestorben, andere finden sich wenigstens durch ähnliche Arten noch in der heutigen Thierwelt repräsentirt. In den tiefsten (den silurischen und devonischen) Schichten treten uns zunächst Polypen entgegen, die hier schon ähnliche Korallenriffe gebildet haben, wie sie es heutigen Tages, den Schiffern zum Verderben, auf dem Meeresgrunde

insonderheit der Südsee thun. Die Cyathophyllen (Fig. 16 u. 17),

Fig. 16.



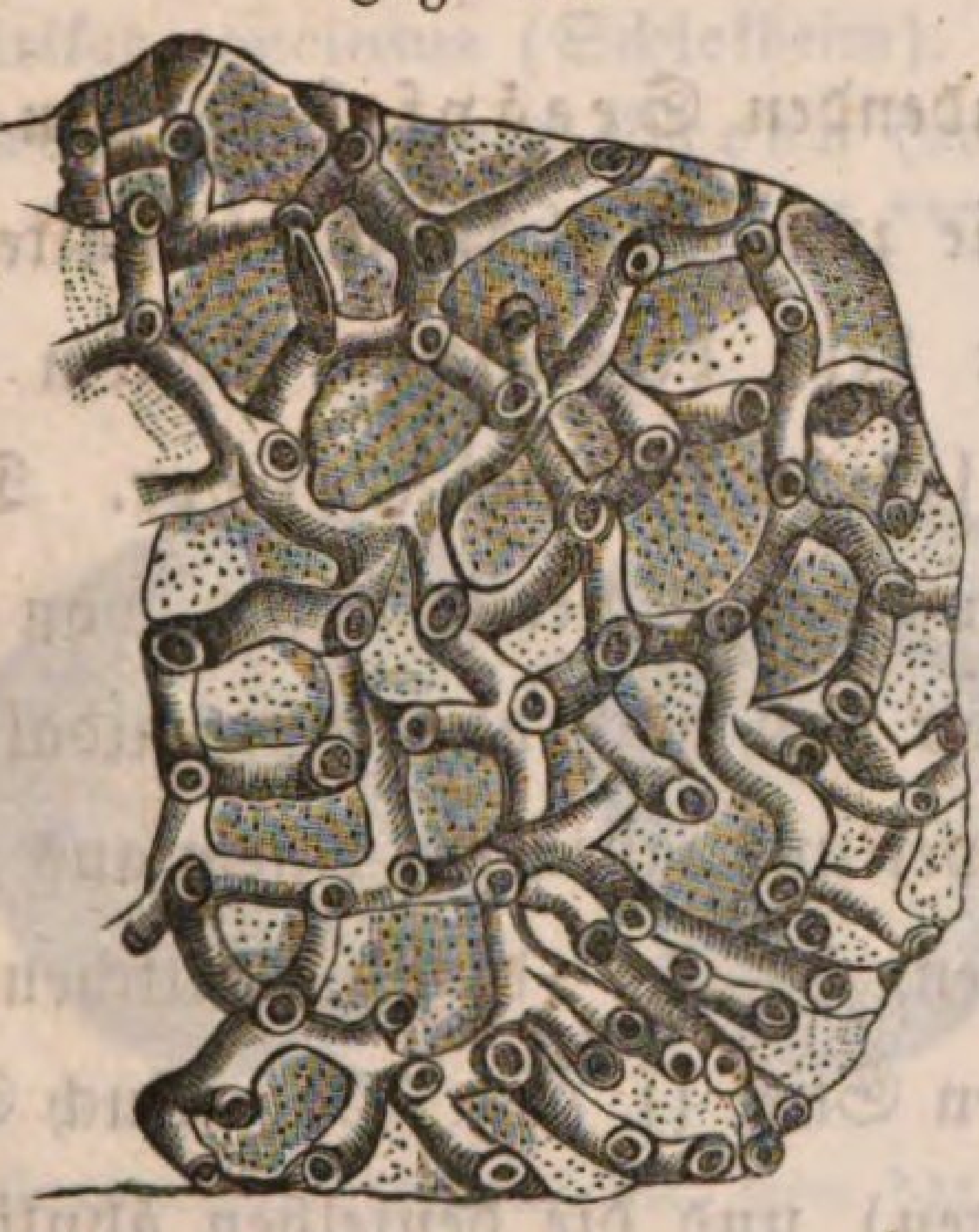
Stück eines Polypenstockes.
Cyathophyllum quadrigeminum aus den devonischen Schichten (aus der Eifel.) *)

Fig. 17.



Cyatophyllum ceratites (proliferirend) aus dem obern Uebergangsgebirge der Eifel. **)

Fig. 18.



Stück eines Polypenstockes (Tubiporide).
Stomatopora serpens. (Dev. Eifel. ***)

mit der oftmals eigenthümlichen Becherform, die Röhren- und Orgelkorallen (Tubiporiden und Favostiden) (Fig. 18) sind die häufigsten Arten; allein von Cyathophyllen zählt Bronn 64 Arten (den Bergkalk mitgerechnet) auf. „Leitmuscheln" nennt man solche Versteinerungen, welche für irgend eine Gesteinsart charakteristisch sind und nach deren Vorkommen die Gesteinsart selbst bestimmt werden kann. Für die silurischen Schichten bilden die zu den Foraminiferen gehörigen und den Seefedern ähnlichen sog. Graptolithen (29 Arten) (Fig. 19, 20 u. 21) eine solche Leitmuschel; Abdrücke von ihnen finden sich in

*) Die Originalzeichnung befindet sich in Bronn's Lethaea geogn. Taf. V. Fig. 1.

**) Die Originalzeichnung befindet sich in Quenstedt's Petrefactenkunde. Taf. 59. Fig. 25.

***) Originalzeichnung in Bronn's Lethaea Taf. V. Fig. 10.

Menge. — Aus der Ordnung der Echinodermen kommen die ebenfalls



Fig. 19.

Fig. 20.

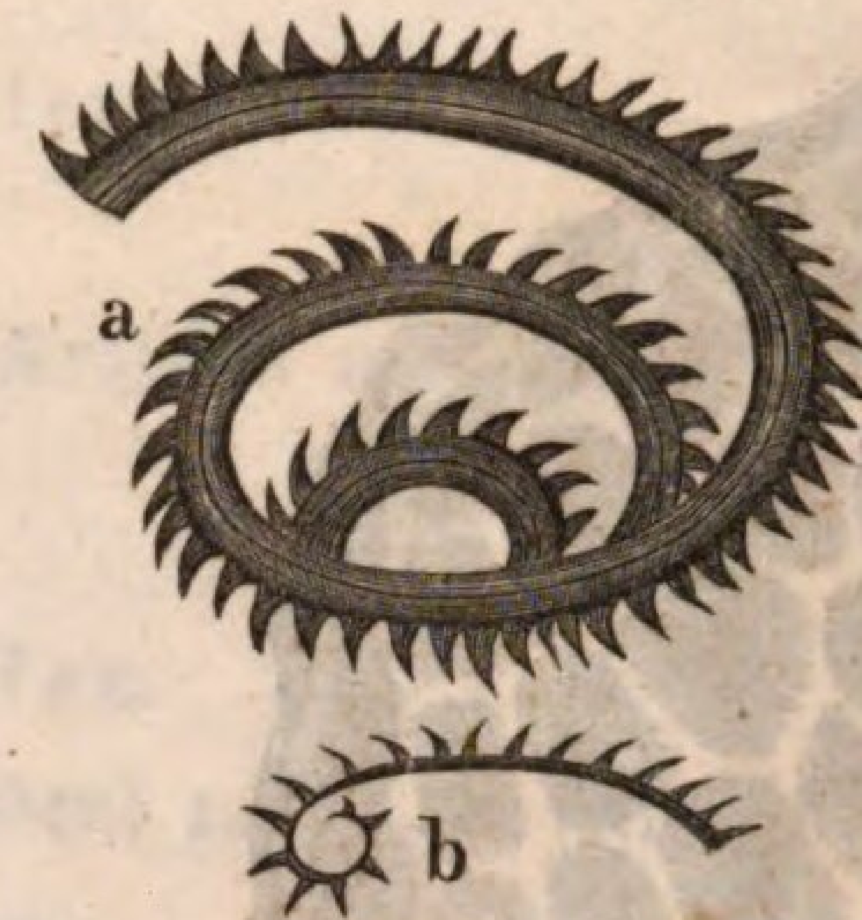


Fig. 21.



Fig. 19: Graptolithus foliaceus (aus silur. Grauwackenschiefer von Ronneburg in Altenburg). Fig. 20: Graptolithus convolutus, a. älteres, b. jüngeres Individuum (ebendaher). Fig. 21: Graptolithus Priodon (silur. Grauwacke von Fougerolle bei Caen).*)

nur in dem silurischen System zu findenden Seeäpfel (v. Buch's Cystideen Fig. 22), und neben ihnen die zum Theil trefflich erhaltenen, namentlich in dem devonischen System vertretenen Seelilien (Crinoideen) vor. Diese Thiere besaßen einen becherförmigen, von Armen umgebenen und nach oben pyramidal zulaufenden Körper und saßen auf einem aus zierlichen, einzelnen, 1—3 ''' dicken Plättchen zusammengesetzten Stiel (s. Fig. 35). Auch Seesterne (Asteriden) und die denselben ähnlichen Schlangensterne (Ophiuriden) kommen hier schon vor; gleich weißen Perlenketten liegen ihre Strahlen oft in dem sie umschließenden dunklern Gestein eingebettet. Von den Acephalen

Fig. 22.



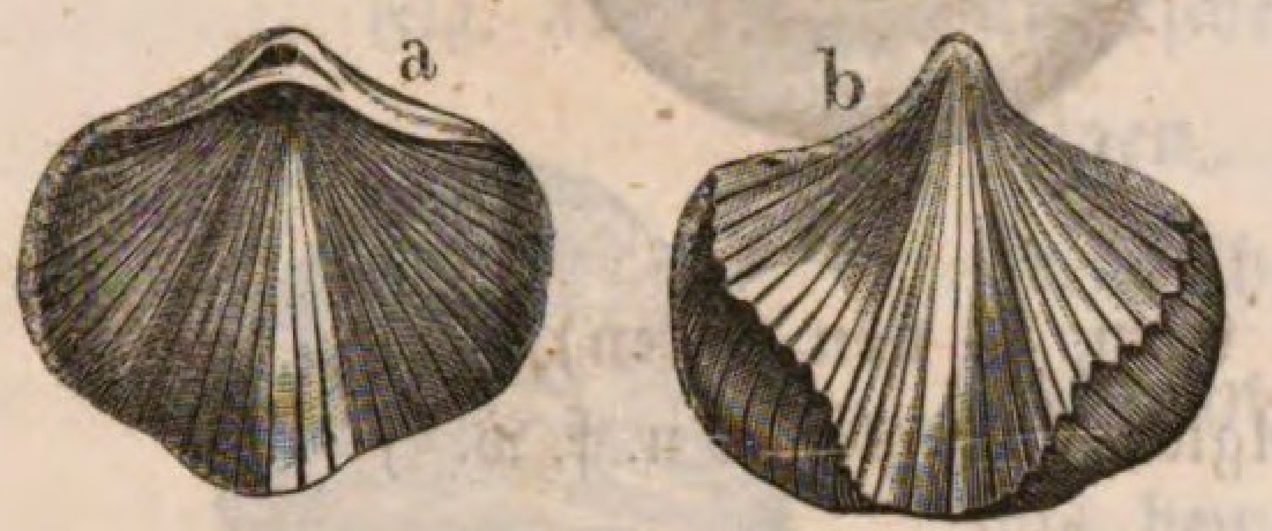
Cystidee. Caryocystites Granatum aus silur. Grauwacke Schwedens.**)

*) Originalzeichnungen in Geinitz: Grundriß der Versteinerungskunde 1846. Taf. X. (Fig. 12. 13. 14. 15.)

**) Originalzeichnung in Geinitz. Taf. XXIII. Fig. 18.

oder Muschelthieren kommen namentlich die sog. Armfüßler oder Brachiopoden vor; am häufigsten von diesen sind die Lochmuscheln oder Terebratuliden (Fig. 23), mit ihren stets gewölbten Schaalen, die Orthisiden (Fig. 24) und die Spiriferen (Fig. 25). Allein in den obern

Fig. 23.



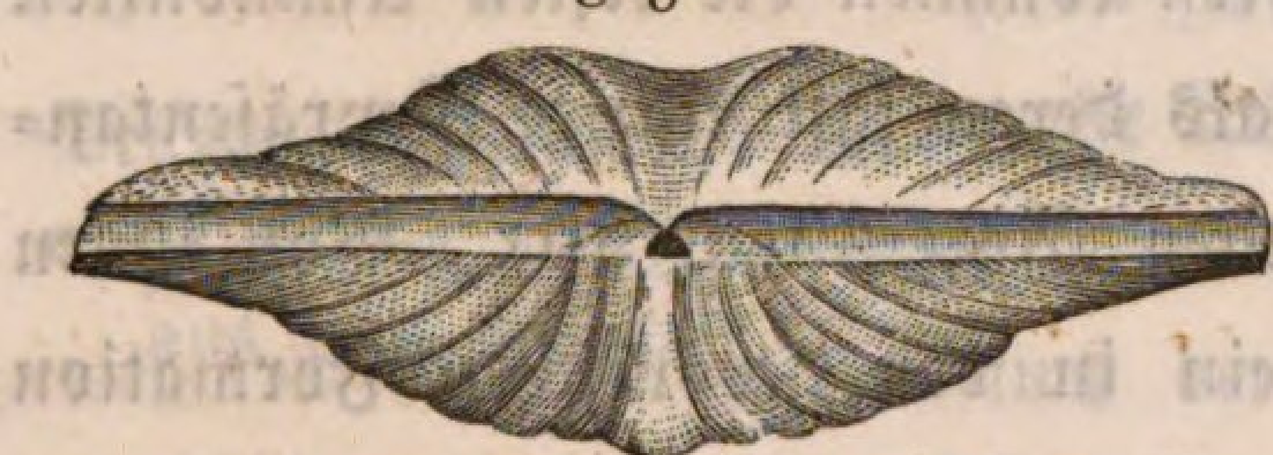
Terebratula Wilsoni (a. von oben, b. von unten) aus dem Bergkalk. *)

Fig. 24.



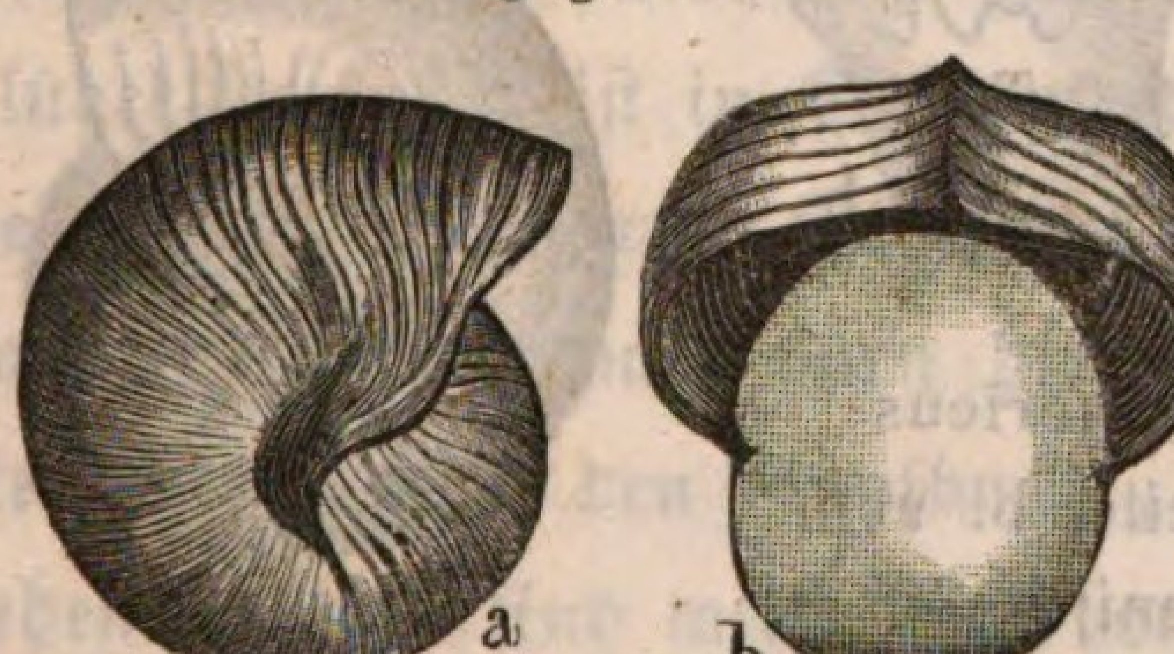
Orthis testudinaria. Bronn's: Trigonotreta testudinaria (a. von unten, b. von oben) aus dem Orthoceratiten-Kalk. **)

Fig. 25.



Spirifer speciosus (Schlotheim). Trigonotreta speciosa nach Bronn (von hinten) aus dem Bergkalk. ***)

Fig. 26.



Bellerophon striatus (a. von der Seite, b. von vorn), aus dem Kornitenkalk des Uebergangsgebirges. †)

silurischen Schichten finden sich nach Bronn 114 Terebratula-Arten, 55 Arten von Spirifer und 64 Arten von Orthis. Auch Schnecken finden sich schon in den silurischen Schichten. Zu der Unterabtheilung derselben, den Vielfüßern oder Heteropoden gehört der Bellerophon, von dem sich bis in die Steinkohlenformation hinein 74 Arten finden (Fig. 26), und zu den Kammkiemern oder Ctenobranchien der durch 94 Arten vertretene Euomphalus (Fig. 27). Von den Cephalopoden, die durch ihren

---

*) Originalzeichnung s. bei Bronn: Lethaea geogn. Taf. II. Fig. 11.
**) Nach Bronn: Lethaea Taf. III. Fig. 2.
***) Originalzeichnung s. Bronn: Lethaea geogn. Taf. II. Fig. 15 a.
†) Nach Bronn: Lethaea geogn. Taf. I. Fig. 11.

Kranz von Fangarmen am Kopfe und mit der einzigen Ausnahme von

Fig. 27.



Euomphalus Dionysii (a. von vorn, b. von unten), aus dem Kohlen= und Bergkalk Belgiens, Englands u. s. w.*)

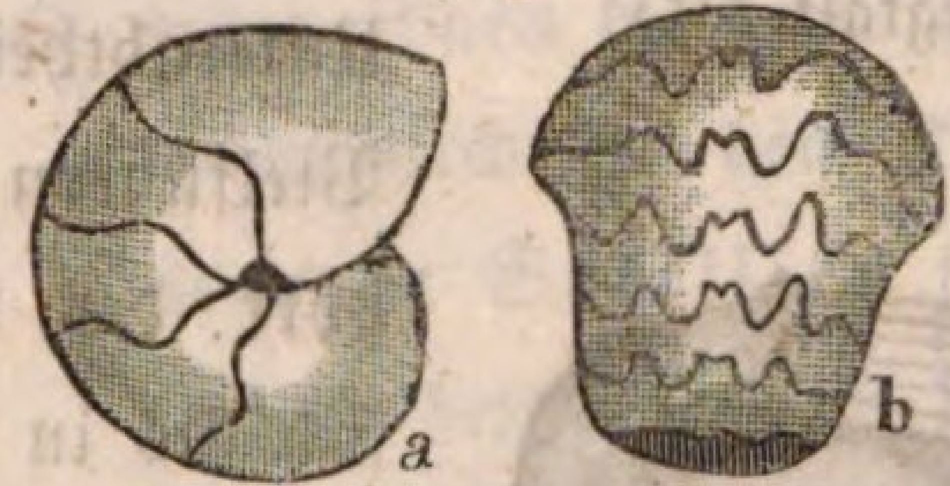
Nautilus durch den die Sepia liefernden Tintenbeutel ausgezeichnet sind, finden sich in den silurischen Schichten insonderheit die Nautiliden, unter denen die häufigere Gattung Orthoceras (Bronn giebt bis zum Bergkalk incl. 190 Arten an) dem Orthoceratenkalk den Namen gegeben hat (Fig. 28); in den devonischen Schichten kommen die ersten Ammoniten vor und zwar als deren fast einzige Repräsentanten die Goniatiten (Fig. 29 u. 30). Von ihnen finden sich allein in der devonischen Formation 112 Arten, im Bergkalk 45. Endlich begegnen

Fig. 28.



Orthoceratites regularis (a. Scheidewand, b. b. mittlere Bruchstücke, c. Spitze) aus dem Thonschieferkalk bei Prag.**)

Fig. 29.



Goniatites sphaericus (a. von der Seite, b. vom Rücken). Devonisch. ***)

Fig. 30.



Goniatites diadema. Seitenansicht. Aus dem Kohlenkalk. †)

---

*) Copie nach Bronn. Lethaea geogn. Taf. II. Fig. 3. ($^2/_3$ Größe.)

**) Copie in $^1/_2$ Größe nach Bronn. Lethaea Taf. II. Fig. 3.

***) Copie nach Quenstedt. Taf. 26. Fig. 26.

†) Desgl. Taf. 26. Fig. 27.

wir in den silurischen Schichten auch einer zu den **Krustenthieren** gehörenden Thierart, den sog. Trilobiten, die hier in Masse vorkommen, mit der Bergkalk= und Steinkohlenperiode aber schon von der Erde wieder verschwinden. **Bronn** führt von diesen Trilobiten 477 Arten auf (Fig. 31). **C. Vogt** schildert sie treffend folgendermaßen: **) „Man

Fig. 31.



Trilobit. Calymene macrophthalma vom (Rücken) aus dem Bergkalk.*)

unterscheidet an dem meist breiten, schildförmigen, abgeplatteten Körper dieser Thiere drei Theile, den Kopf, die Brust und das Schwanzschild (Pygidium). Die Brust ist aus beweglichen Ringeln zusammengesetzt, das Schwanzschild zeigt meistens eine ähnliche Zusammensetzung, doch sind hier die Grenzen der Ringel mit einander verwachsen, so daß ein einziges Schild hergestellt wird. Die Schaale selbst scheint im Leben bald mehr hornig, bald mehr kalkig gewesen zu sein. Das Mitteltheil des Rückens ist meistens erhaben, so daß man auch der Längsrichtung nach eine Dreitheilung der Thiere unterscheiden kann; eine mittlere erhabene Spindel und zwei Seitenhälften, deren Ringel sich gewöhnlich in Floßen oder Spitzen ausziehen. Das Kopfschild, welches aus drei eng verbundenen Stücken besteht, hat gewöhnlich eine halbmondförmige Gestalt und seine hintern Flügel laufen meist in Spitzen oder Stacheln aus, die sich oft noch weit längs der Brust fortsetzen. Die Spindel zieht sich gewöhnlich stark ausgedrückt nach vorn hin und bildet hier einen erhabenen Theil, die Stirn oder den Kopfbuckel, zu dessen beiden Seiten die Augen stehen. Diese sind meist stark vorgequollen und zeigen auf ihrer Oberfläche oft große, dem unbewaffneten Auge schon sichtbare Facetten. Bei andern sind diese Facetten noch von einer glatten Hornhaut überdeckt, so daß sie nur am Steinkerne sichtbar sind. Bei noch andern scheinen die Augen nur lose in dem Schilde gesessen zu haben, so daß sie herausfielen und an ihrer Stelle in den Versteinerungen ein klaffendes

*) Copie ($^2/_3$ Größe) nach **Bronn**. Lethaea Taf. IX. Fig. 4 a.

**) Lehrb. d. Geologie. I. pag. 250. 2. Aufl.

Loch existirt; bei noch andern endlich hat man bis jetzt noch keine Augen entdecken können. — — Viele Gattungen konnten sich vollkommen zusammenrollen wie unsre jetzigen Asseln." *) Außer den Trilobiten finden sich in dem devonischen System noch die zu den Schalenkrebsen (Ostracoden) gehörenden kleinen hanfkorn-, erbsen- und bohnengroßen Schalenflöhe (Cypris, Cytherina u. s. w.), deren Gattung Cypridina dem Cypridinenschiefer den Namen gab. (Fig. 32 u. 33.) —

Fig. 32.



Fig. 33.

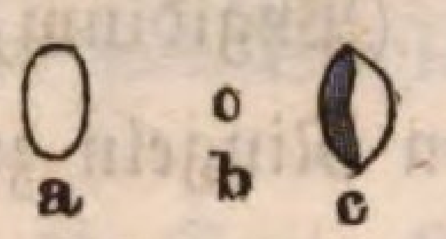


Fig. 32: Cypridina Edwardsiana (a. von unten, b. von der Seite) aus dem Kohlenkalk. **)

Fig. 33: Cypris inflata (a. von der Seite, b. natürl. Größe, c. von unten), aus dem Steinkohlengebirge von Bourdiehouse. ***)

Nicht in den silurischen, wohl aber in den devonischen Schichten finden sich auch schon die ersten und zahlreichen Spuren und Versteinerungen von Fischen. Agassiz, der der Erforschung derselben vor allen Andern förderlich war, theilt die Fische der Vorwelt in 4 große Classen ein: die Placoiden oder Kornschupper, die mit höckerigen oder stacheligen Schmelzplatten von verschiedener Größe bedeckt waren; die Ganoiden oder Schmelzschupper, welche mit kleinen rautenförmigen, mit dickem Schmelz bedeckten, ineinandergefügten Schuppen oder Knochenplatten, die einen sehr dichten Schuppenpanzer bildeten, bedeckt waren; die Ctenoiden oder Kammschupper, die an dem hintern Rande gezähnte Schuppen trugen und die Cycloiden oder Glattschupper, welche ähnliche rundliche Schuppen hatten, wie unsere meisten jetzigen Flußfische. Von diesen 4 Classen treten nun die ersten zwei, die Placoiden und Ganoiden schon in der Grauwacke auf und reichen, in freilich modificirter Form, bis in die Jetztwelt hinauf; Cycloiden und Ctenoiden beginnen in größerer Menge erst in der Kreideperiode, — wenn uns auch durch die zu den Raubfischen gehörigen Faltenschupper

---

*) Schöne Exemplare dieser Trilobiten, die in der Schöpfungsgeschichte durch ihre oft so schön erhaltenen facettirten Augen als erste Zeugen des Lichtes dastehen, namentlich auch ein Exemplar eines zusammengerollten Trilobiten, fand der Verf. in der palaeontologischen Privatsammlung des Hrn. Kammerherrn v. Witzleben in Oldenburg.

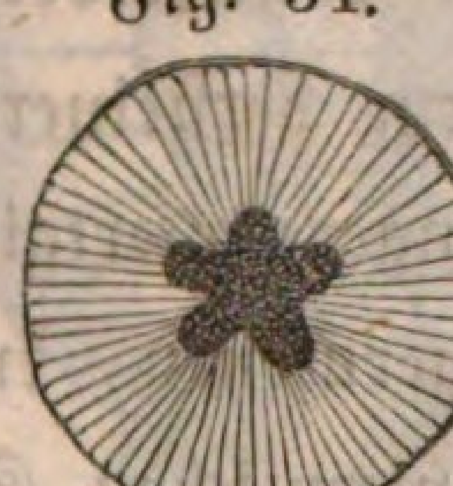
**) Copie. S. Quenstedt. Taf. 23. Fig. 33.

***) Copie nach Murchinson. S. ebendaselbst Fig. 34.

(Holoptychiden) schon in dem devonischen System eine zu den Cycloiden gehörige Art aufgezeigt wird. Unter den Panzerganoiden treten uns zunächst in dem devonischen System die Familien der Coelacanthen, Placodermen und Cephalaspiden entgegen; die Gattungen Perichthys und Cephalaspis sind unter den letztern vorzugsweise bekannt. Von ihnen erwähnt v. Humboldt, daß sie lange für Trilobiten gehalten wurden und daß sie nach Agassiz unter den Fischen einen ebenso eigenthümlichen Typus tragen, wie die Plesiosauren und Ichthyosauren später unter den Reptilien.

Gehen wir von der palaeontologischen Betrachtung der Grauwackengruppe zu der der Steinkohlengruppe über, so erscheint es vor Allem auffallend und unsern Erwartungen entgegen, daß sich während der überreichen Entwicklung des vegetabilischen Lebens die Thierwelt wenig oder gar nicht weiter entwickelte und die Menge der vorkommenden Versteinerungen verhältnißmäßig eine nur sehr geringe ist. Fast alle gemeiniglich der Steinkohlengruppe als solcher zugeschriebenen Versteinerungen gehören nur dem tiefliegenden Bergkalk an. Von den bis dahin zu den Infusionsthieren gerechneten Rhizopoden (Wurzelfüßlern) findet sich die Gattung Fusulina im russischen Kohlenkalk; unter den Polypen sind die Gattungen Chaetetes und Favosites im Bergkalk häufig vertreten. Von den Echinodermen kommen (nur im Bergkalk) ziemlich zahlreiche Blastoideen (die Gattung Pentatrematites) vor, die eine Uebergangsform zwischen den oben erwähnten Seeäpfeln und Seelilien bilden; die letztern selbst finden sich ebenfalls nur dort, dort aber auch zahlreich vertreten vor. Ihre Stengelglieder (Entrochiten) kommen in vielen Schichten des Kohlenkalkes so zahlreich vor, daß man diesen als Entrochitenkalk bezeichnet hat (Fig. 34). Auch erste Formen unsrer sog. Seeigel treten hier auf. Unter den Cephalopoden treten außer den schon früher vorkommenden Goniatiten und einigen neuen Formen derselben keine neue Gattungen auf; aus der Steinkohle selbst zählt Bronn 7 Nautilus-Arten auf. Von Cru-

Fig. 34.



Säulenglied (Entrochit) von Encrinites epithonius (aus d. obern Uebergangsgebirge.*)

*) Copie nach Quenstedt. Taf. 54. Fig. 34.

staceen finden sich keine Trilobiten mehr, nur einige seltene zu den Flohkrebsen (Amphipoden) gehörige Arten kommen vor. Von Fischen und namentlich von den zu den Haien gehörigen Cestracionten geben uns die häufig aufgefundenen Rückenstacheln und Zähne, namentlich im Bergkalk, aber auch in der Kohle selbst, einen Beweis; die gepanzerten Fischformen sind verschwunden, die Kleinschupper (Cycloiden und Ctenoiden) finden sich dagegen in nicht unbedeutender Menge. Als eine Uebergangsform zwischen den Fischen und Amphibien ist vielleicht der zu der ausgestorbenen Familie der Labyrinthodonten gehörige Archegosaurus Decheni zu betrachten, der sich durch seinen dreieckigen Kopf mit weiten ringsum geschlossenen Augenhöhlen, seine einfach gefalteten Zähne und seinen mit knotigen Schuppen bedeckten Körper auszeichnete.

Das permische System ist auffallend arm an Thierarten. „Reste von Polypen sind nur selten und hie und da zerstreut; Korallenbänke, wie sie in dem devonischen und Kohlenkalke vorkommen, fehlen durchaus. Die Crinoiden, deren Stengelglieder im Kohlenkalke ganze Schichten zusammensetzen, sind nur durch äußerst wenige Bruchstücke repräsentirt. Die Schaalen von Muscheln und Schnecken sind meist ebenso einsam und zerstreut, als die Polypen und gehören meist nur kleinen Arten an; die Armfüßler (Terebratula, Spirifer, Orthis) wiegen noch vor. Die Cephalopoden sind äußerst selten und treten bis auf einige wenige Arten gänzlich vom Schauplatze. — — Die Trilobiten, welche in der Kohlenperiode noch vertreten waren, fehlen gänzlich und die Gliederthiere sind nur durch die Molukkenkrebse (Limulus) repräsentirt.“ *) Die Fische sind noch am zahlreichsten vertreten, gehören aber auch nur wenigen Arten an; unter den Ganoiden ist die Gattung Palaeoniscus Freieslebeni besonders häufig. Es ist auffallend, daß man so außerordentlich viele Fische in dem Kupferschiefer in gekrümmter Form versteinert vorfindet und die Vermuthung ist vielleicht nicht ganz ungerechtfertgit, daß dieselben in durch die kupferhaltigen Wässer hervorgerufenen, krampfhaften Zuständen zu Grunde gingen. In diesem permischen System finden sich auch die ersten Repräsentanten der eigentlichen Reptilien, der

*) Vogt, Geologie. I. pag. 351.

Urechsen oder Palaeosaurier, die wir in den nächsten Gruppen nun in reichlicher Menge auftreten sehen.

Die Fauna dieser Gruppe, der Trias, ist im Ganzen und namentlich im bunten Sandstein und Keuper nur arm, sowohl an Individuen, als an der Zahl der Arten; am reichsten sind der Muschelkalk, der als Meeresbildung den Sandstein deckt, und ihm gegenüber insonderheit die Gebilde von St. Cassian (östl. Alpen), die Bronn zwischen dem Muschelkalk und Keuper, Andere zwischen Keuper und Lias einreihen. Während Bronn für die St. Cassianer-Formation 741 Thierarten aufführt, zählt er für den bunten Sandstein nur 54, für den Muschelkalk 190 und für den Keuper 106. Polypen finden sich, nur kleinere Korallenbänke bildend, fast ausschließlich in den St. Cassiana-Gebilden; Crinoideen, und namentlich die Gattung Encrinus, kommen in dem Muschelkalk vor (Fig. 35); unter den Seesternen (den Ophiuriden) kommt die Gattung Aspidura (Fig. 36) vor. Von den älteren Brachiopoden (Spirifer, Orthis u. s. w.) finden sich hier fast die letzten Repräsentanten. Muschelthiere (z. B. Myophoria) sind nur im

Fig. 35.



Crinoidee. Encrinus liliiformis; a. d. Muschelk. a. Kelch mit einigen Säulengliedern. b. Wurzelglieder d. Säule.*)

Fig. 36.



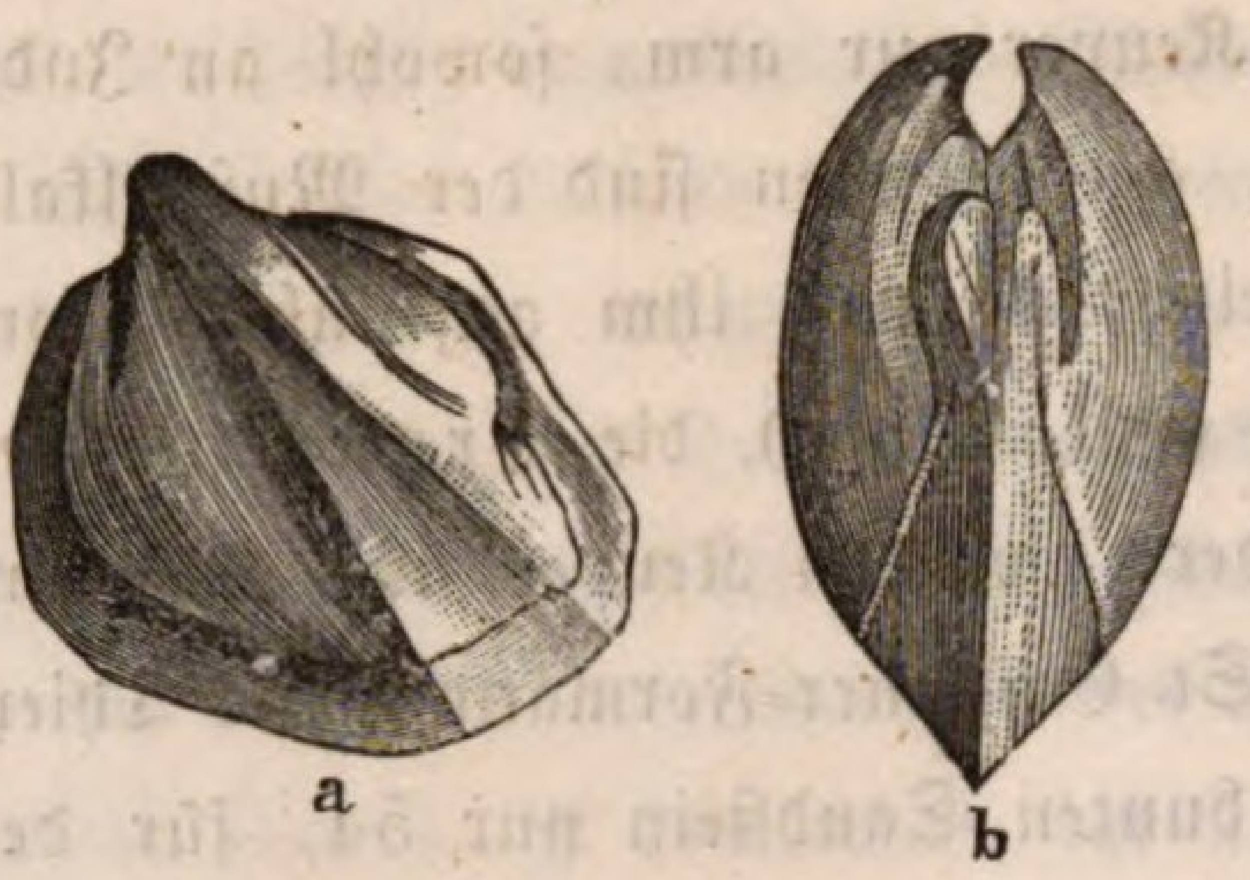
Aspidura. Ophiura scutellata Bronn's, aus dem Muschelkalk (a. vom Rücken, b. vom Bauche.)**)

*) Originalzeichnung in Geinitz. Taf. XXIII. Fig. 1.

**) Copie nach Bronn. Lethaea Taf. XI. Fig. 23 (vergrößert). —

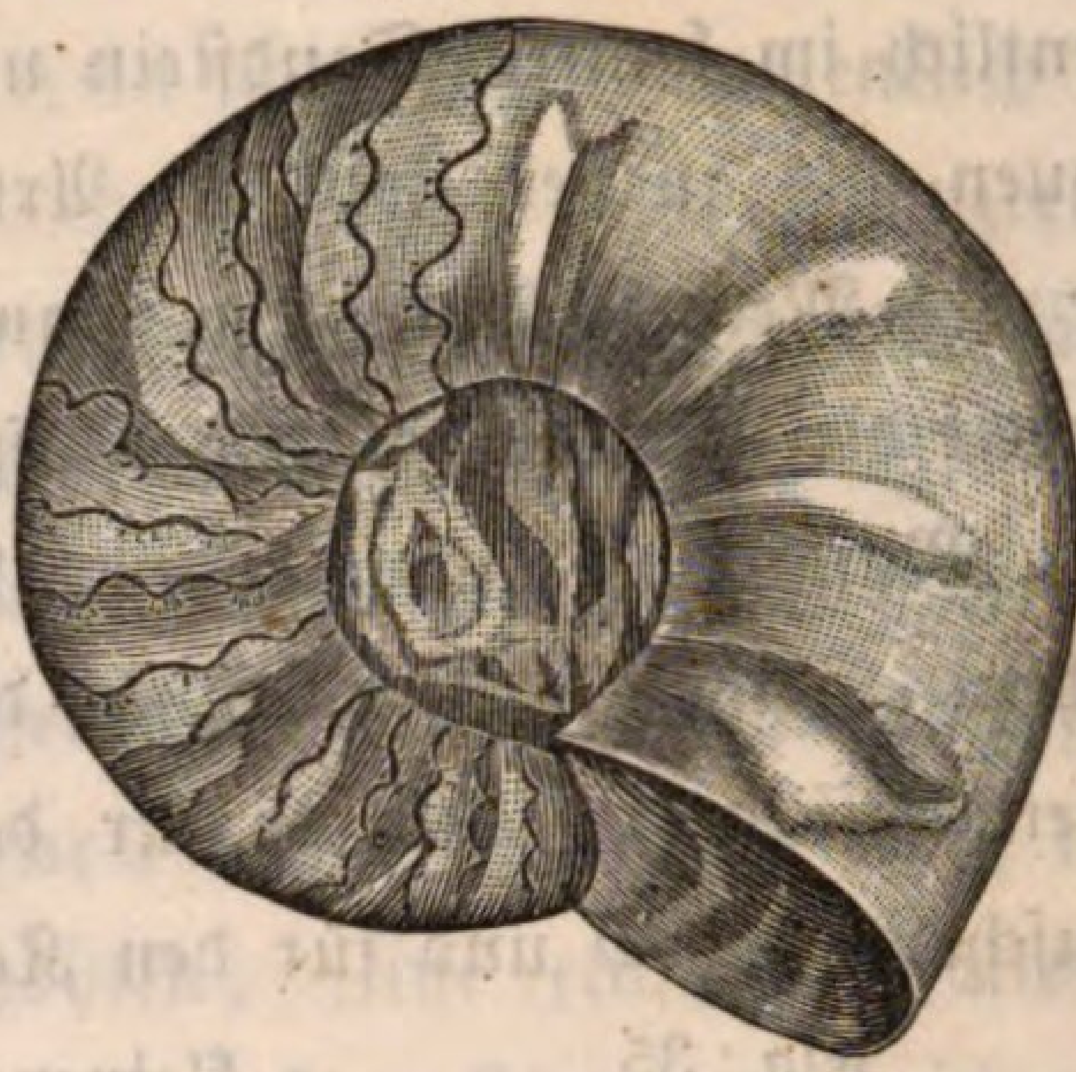
St. Cassian-Gebilde häufig (Fig. 37). Im eigentlichen Muschelkalk treten die zu den Cephalopoden gehörigen Ceratiten als bezeichnend auf (Fig. 38)

Fig. 37.



Myophoria (Trigonia) vulgaris. (a. vom Rücken, b. von vorn) aus dem Muschelkalk. *)

Fig. 38.



Ceratites nodosus aus dem Muschelkalk. **)

und außer ihnen finden sich bei St. Cassian theils ächte, theils noch den Goniatiten ähnliche Ammoniten. Belemniten fehlen noch gänzlich. Die Wirbelthiere beschränken sich noch völlig auf Fische und Reptilien. — Zu den Fischen gehört die haiartige Knorpelfischgattung Hybodus, von welcher nur Stacheln und Zähne übrig geblieben sind. Die Reptilien sind auf die Ordnung der Saurier beschränkt. Zu den Labyrinthodonten gehört der Mastodonsaurus, Odontosaurus u. s. w.; sie finden sich vorzugsweise in den Sandsteinen; in den Kalksteinen kommen die meerbewohnenden langhalsigen Flossenfüßer mit der wohl bekannten Gattung Nothosaurus vor. Von diesen Sauriern stammen wahrscheinlich die colossalen Fußspuren her, welche sich im bunten Sandstein bei Hildburghausen finden; doch zweifelt man noch, ob das Kaup'sche Chirotherium, dem man die Fährten zuschreibt, zu den Reptilien oder Säugethieren gehört habe (Fig. 39 a. f. S.). In dem Staate Massachusett's fand man endlich im bunten Sandstein auch dreizehige Fußspuren von Thieren, die auf zwei Beinen gingen und die wohl ohne Frage als erste Spuren großer Vögel angesehen werden dürfen (Fig. 40 a. f. S.).

---

*) Copie ($^2/_3$ Gr.) nach Bronn. Lethaea Taf. XI. Fig. 6. a. b.

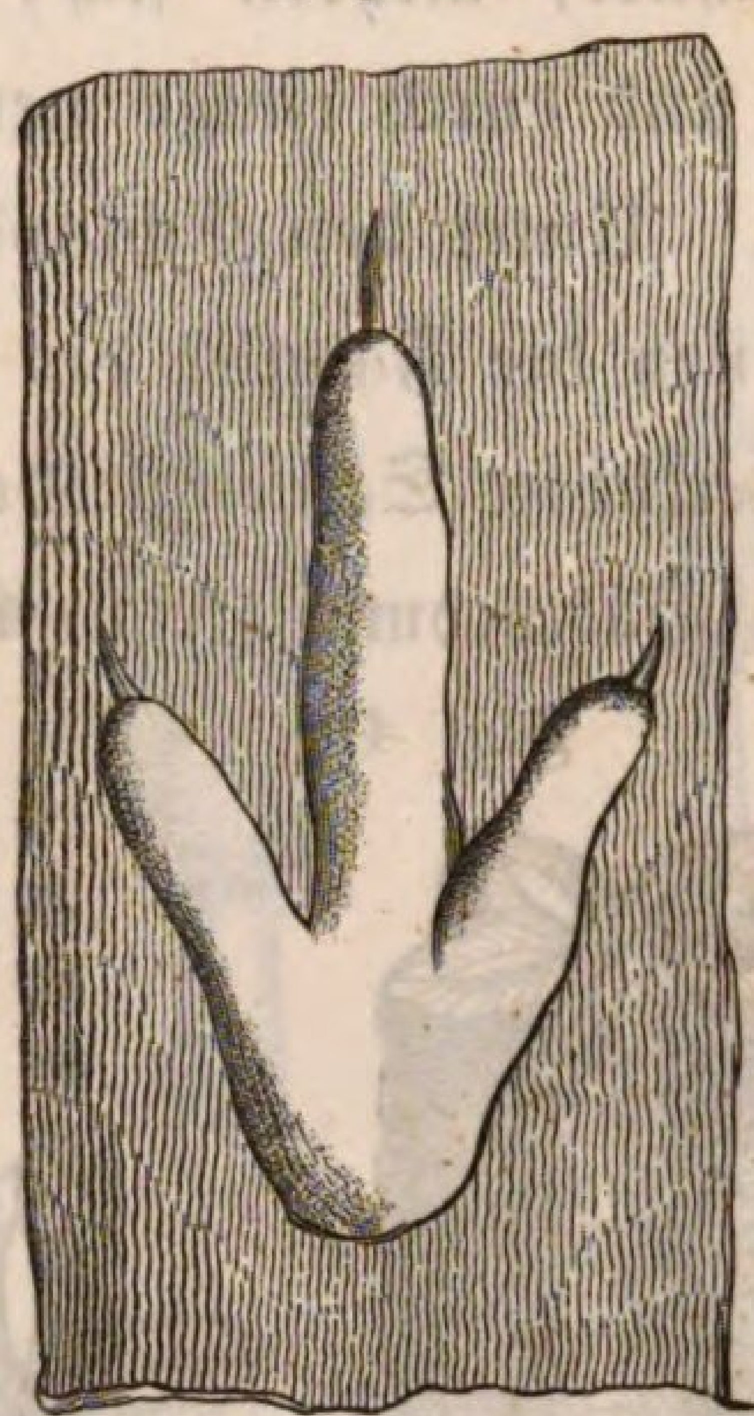
**) Copie ($^1/_2$ Gr.) nach Bronn. Lethaea Taf. XI. Fig. 20. a.

Fig. 39.



Chirosaurus Barthii. Fährtenabdrücke, verkleinert, a. d. bunten Sandstein bei Hildburghausen, nach Sickler.*)

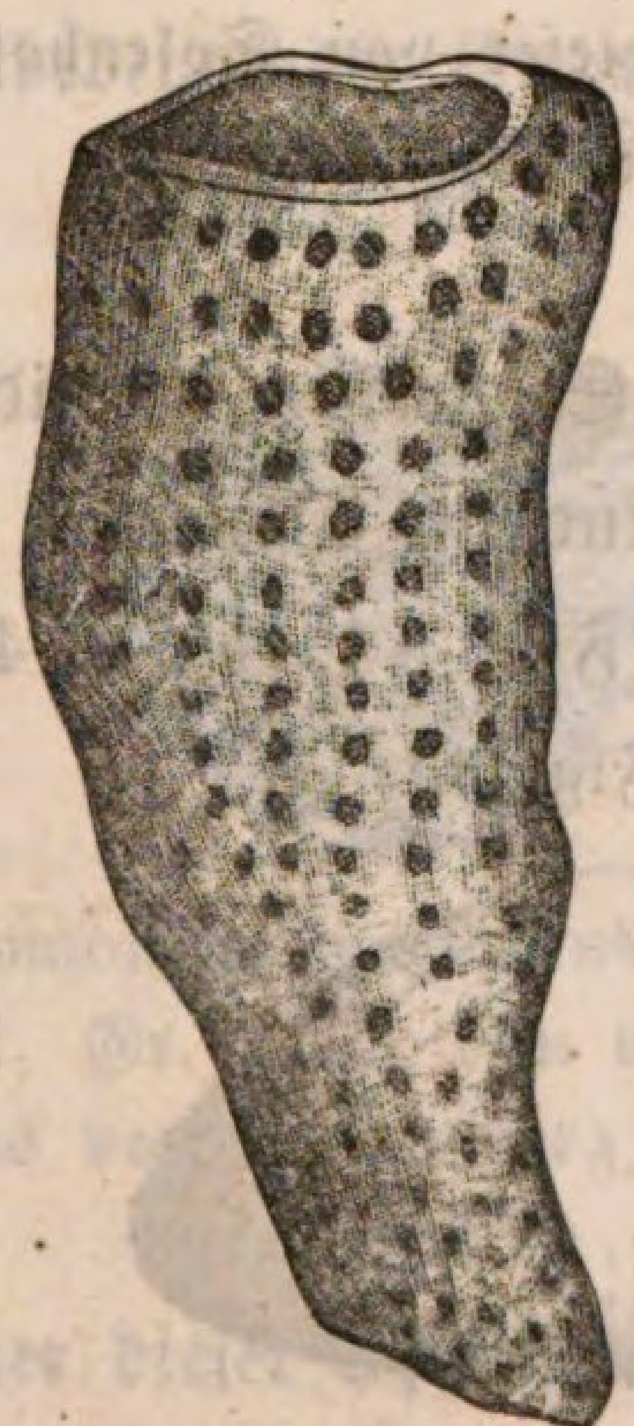
Fig. 40.



Ornithichnites tuberosus, Vogelfährte, von 7—8" Länge, aus dem bunten Sandstein von Connecticut.**)

Die jurassischen Gebilde (Oolithen-Gruppe) zeigen einen allmähligen Fortschritt derjenigen Veränderungen der Fauna, welche in der Trias begannen. Die Zahl der bis jetzt aufgefundenen Arten ist hier bedeutend, nach Bronn bis auf 3750, gestiegen; namentlich gelangen die Cephalopoden und Reptilien zu einer sehr bedeutenden Entwicklung. Vögel und Säugethiere fehlen noch ganz bis auf das nach Valenciennes,***) den Beutelthieren nahe verwandte, nach Owen aber zu den insektivoren Raubthieren gehörige Thylacotherium Prevostii und das Phascolotherium Bucklandi, die in den zur Juraformation gehörigen Stonesfield-Schiefern aufgefunden wurden. Ueber die niedern Thierformen ist hier wenig zu bemerken. Die Anzahl der Schwämme, unter denen die Gattung Scyphia (Fig. 41)

Fig. 41.

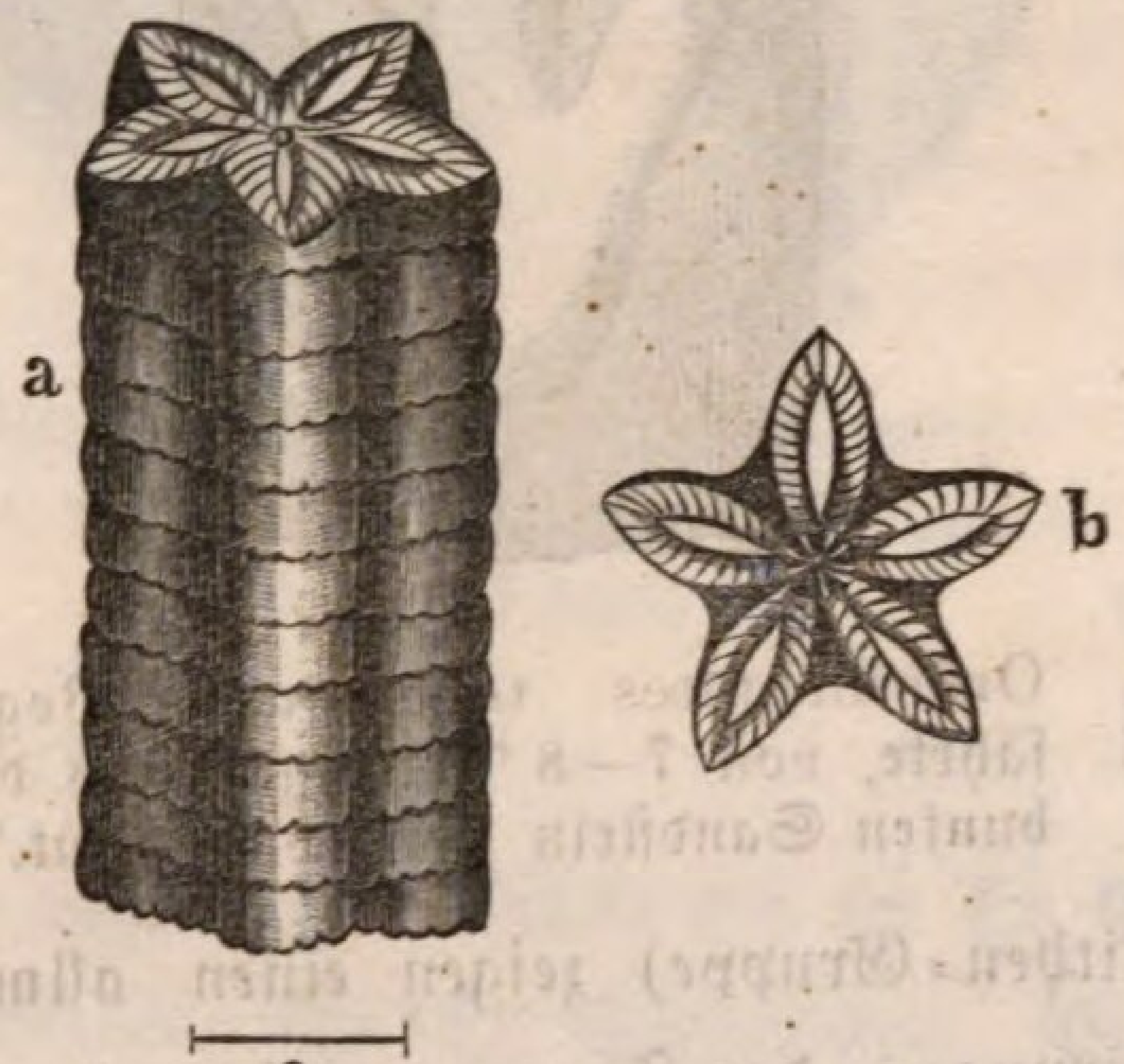


Scyphia claviformis (keulenförmiger Pokalschwamm) a. d. braun. u. weiß. Jura.†)

*) Copie nach Geinitz. Taf. V. Fig. 9.
**) Desgl. Taf. V. Fig. 2.
***) S. Humboldt. Kosmos I, pag. 290.
†) Copie nach Bronn. Lethaea Taf. XVI. Fig. 1. a.

ausgezeichnet, mehren sich; die Polypen und namentlich die Korallenpolypen sind durch einige neue Arten vertreten. Quallen fehlen noch gänzlich. Unter den Echinodermen finden sich noch viele Crinoideen, unter denen die Familie der kelchförmigen Pentacriniten (Fig. 42) mit ihren zierlichen Säulengliedern und die von Bronn hierher gezählte Gattung Saccocoma (Fig. 43) ausgezeichnet ist; in größerer Menge

Fig. 42.



a. ein Säulenstück u. b. eine Gelenkfläche (beide vergrößert) von Pentacrinites basaltiformis (Bronn). c. natürl. Durchmesser. Aus dem Liasschiefer.*)

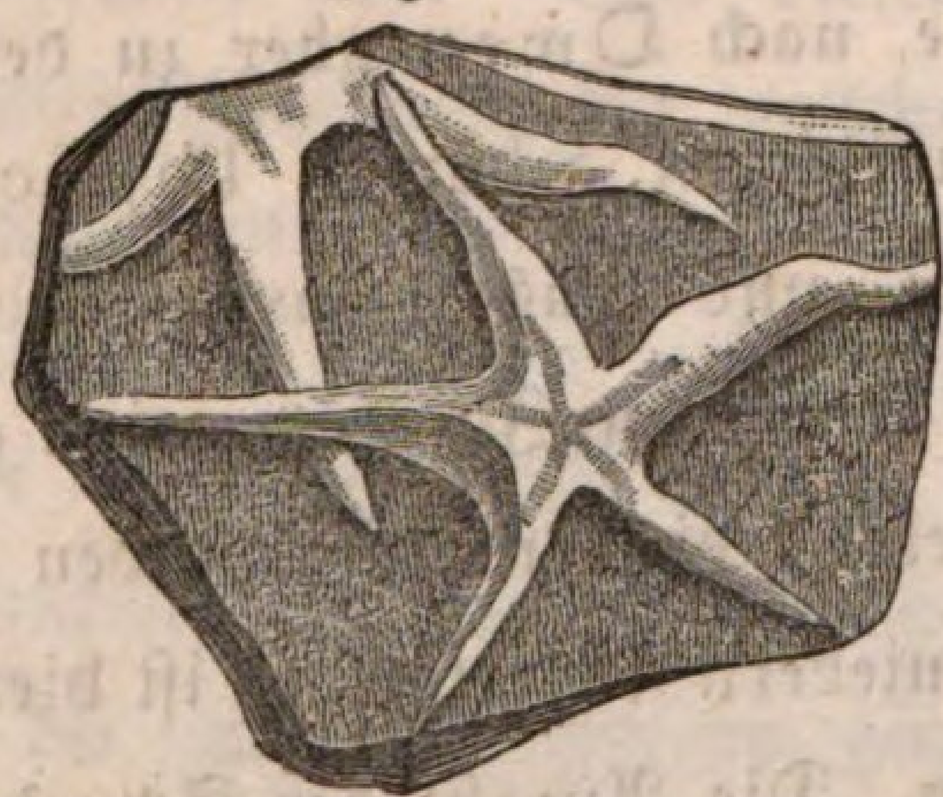
Fig. 43.



Saccocoma pectinata, aus dem lithographischen Schiefer von Solenhofen (Oolith-Formation.)**)

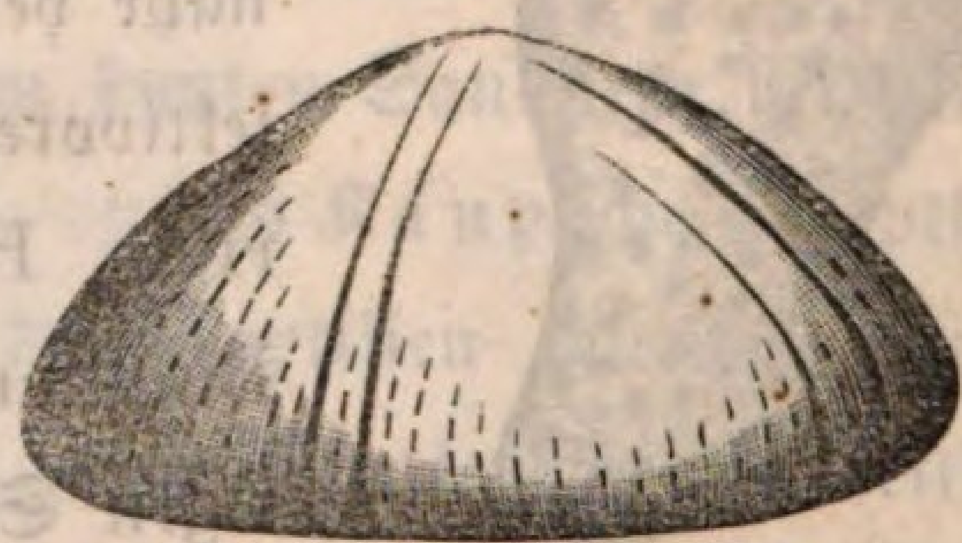
treten aber, und hier zuerst in dieser Weise, die Seesterne (Asteriden) und Seeigel (Echiniden) auf; unter den letztern sind die Cidariden mit ihren kolbigen Stacheln namentlich ausgezeichnet (Fig. 44. 45 u. 46).

Fig. 44.



Asterias lumbricalis aus dem untern Lias-Sandstein.***)

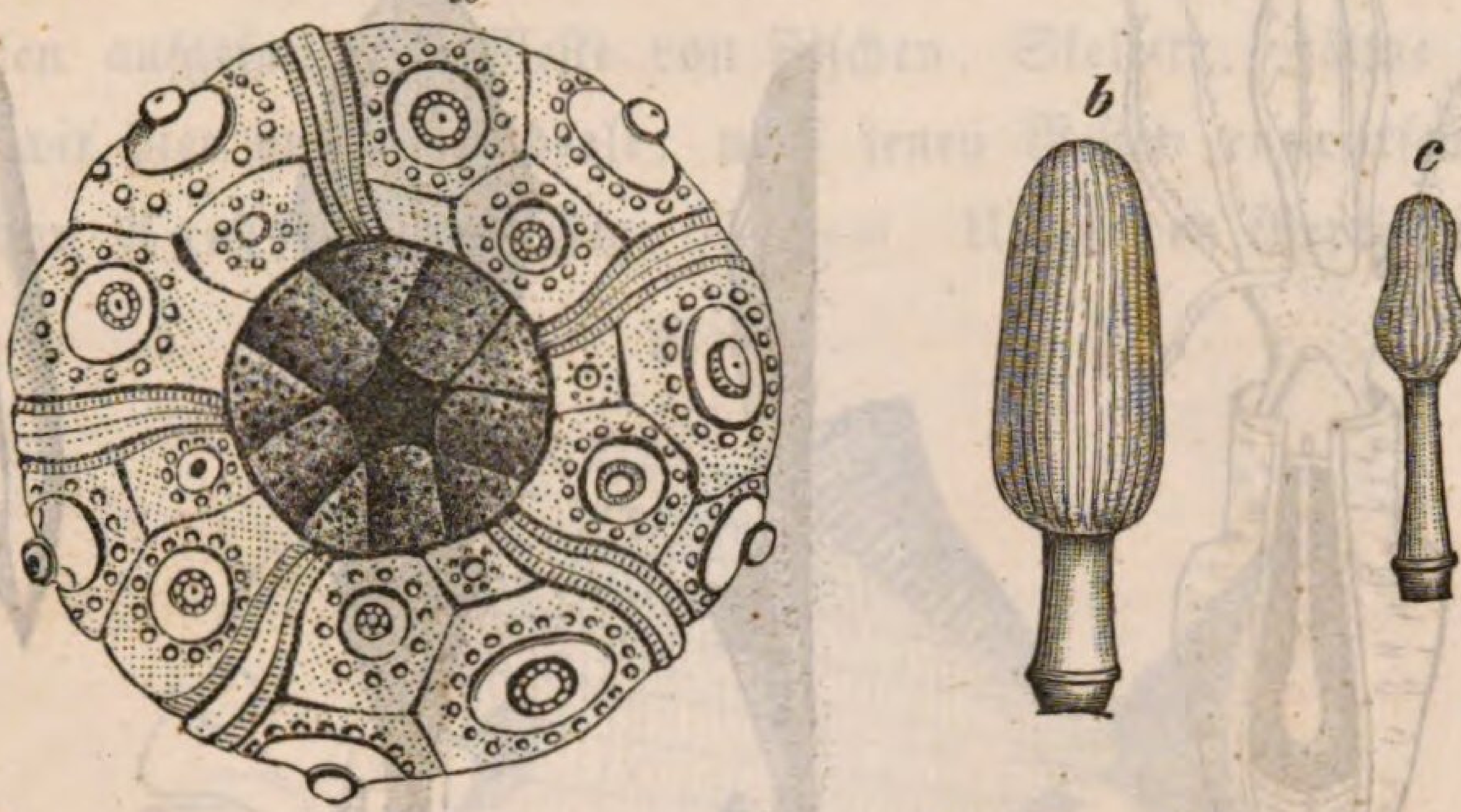
Fig. 45.



Seeigel. Galerites depressus (von der Seite) aus der Oolith-Formation, s. N.*) a. f. S.

*) Nach Bronn. Lethaea Taf. XVII. Fig. 11.
**) Nach Goldfuß. Copie nach Geinitz Taf. XXIII. Fig. 6.
***) Copie (2/3 Gr.) nach Bronn. Lethaea. Taf. XVII. Fig. 18.

Fig. 46.



Cidaris coronatus, nach Goldfuß; a. von oben, b. u. c. größerer und kleinerer Stachel. Aus dem obern Jura. **)

Unter den Acephalen zeichnet sich die Austerngattung (Ostrea) aus, die hier zuerst wirkliche Austernbänke bildet. Die Gasteropoden schreiten in der Entwicklung nur wenig vorwärts; unter den Cephalopoden treten dagegen hier die sehr bekannten, eigentlichen Ammoniten in bedeutender Entwicklung auf (Fig. 47), während die Nautilinen seltener werden. Besonders merkwürdig sind aber die hierhergehörigen und vom Lias bis zur Kreide in großer Menge vorkommenden Belemniten (Fig. 48, 49, 50 a. f. S.). Das Thier der Belemniten ist nach Bronn †) völlig unbekannt; die Schaale besteht aber aus 3 Theilen: einer hornigen Düte, einem in deren Spitze liegenden, aus Luftkammern bestehenden kalkigen Kegel oder Alveoliten und einer dieser Spitze von außen überziehenden Schaale. Der eingeschlossene Theil oder Alveolit ist kegelförmig und vielkammerig und besteht aus einer dünnen, äußern kegelförmigen Wand und zahlreichen innern, nahe

Fig. 47.



Ammonites capricornus (1/2 nat. Gr.) aus dem untern Lias von Würtemberg, nach Zieten.***)

---

*) Copie nach Bronn. Lethaea Taf. XVII. Fig. 5.
**) Copie nach Geinitz Taf. XXII. Fig. 15.
***) Desgl. Taf. XI. Fig. 6.
†) Lethaea geogn. 3. Aufl. 3. Buch. pag. 385.

Fig. 48.



Fig. 49.



Fig. 50.

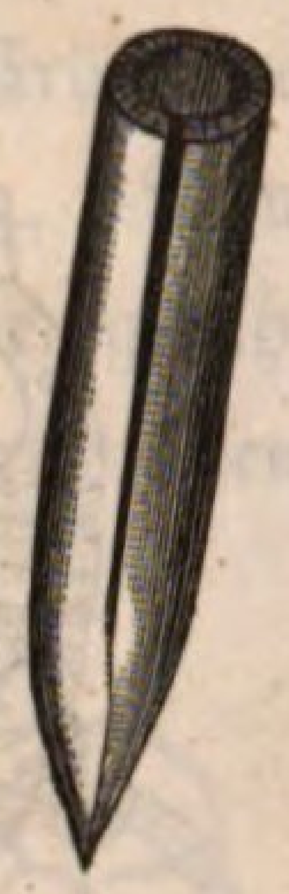


Fig. 48: Ein vollständiger Belemnit, nach Owen's Untersuchungen zusammengestellt, in der Mitte aufgeschnitten, um die Kammern, den Sipho und Tintenbeutel zu zeigen.*)

Fig. 49: a. b. Belemniten mit dem hornig-kalkigen Knochen, von der Seite und vom Rucken gesehen, nach d'Orbigny.*)

Fig. 50: Belemnites canaliculatus (1/3 nat. Gr.) nach Zieten. Aus dem braunen Jura von Würtemberg.**)

aneinanderliegenden, sehr dünnen Querscheidewänden, welche gegen die Spitze des Kegels hin konvex sind und die Form von Uhrgläsern haben. Die Crustaceen werden durch zahlreiche Stomatopoden und großschwänzige Decapoden vertreten; Insekten und namentlich Hexapoden finden sich hier zuerst in nicht geringer Anzahl vor. — Unter den Fischen sind die Heterocerken (d. h. Fische mit ungleichlappiger Schwanzflosse) verschwunden; die Homocerken (Fische mit gleichlappiger Schwanzflosse) treten allein noch auf; sie gehören aber fast alle zu den Ganoiden mit Schmelzschuppen oder zu den Placoiden; Knochenfische fehlen noch.

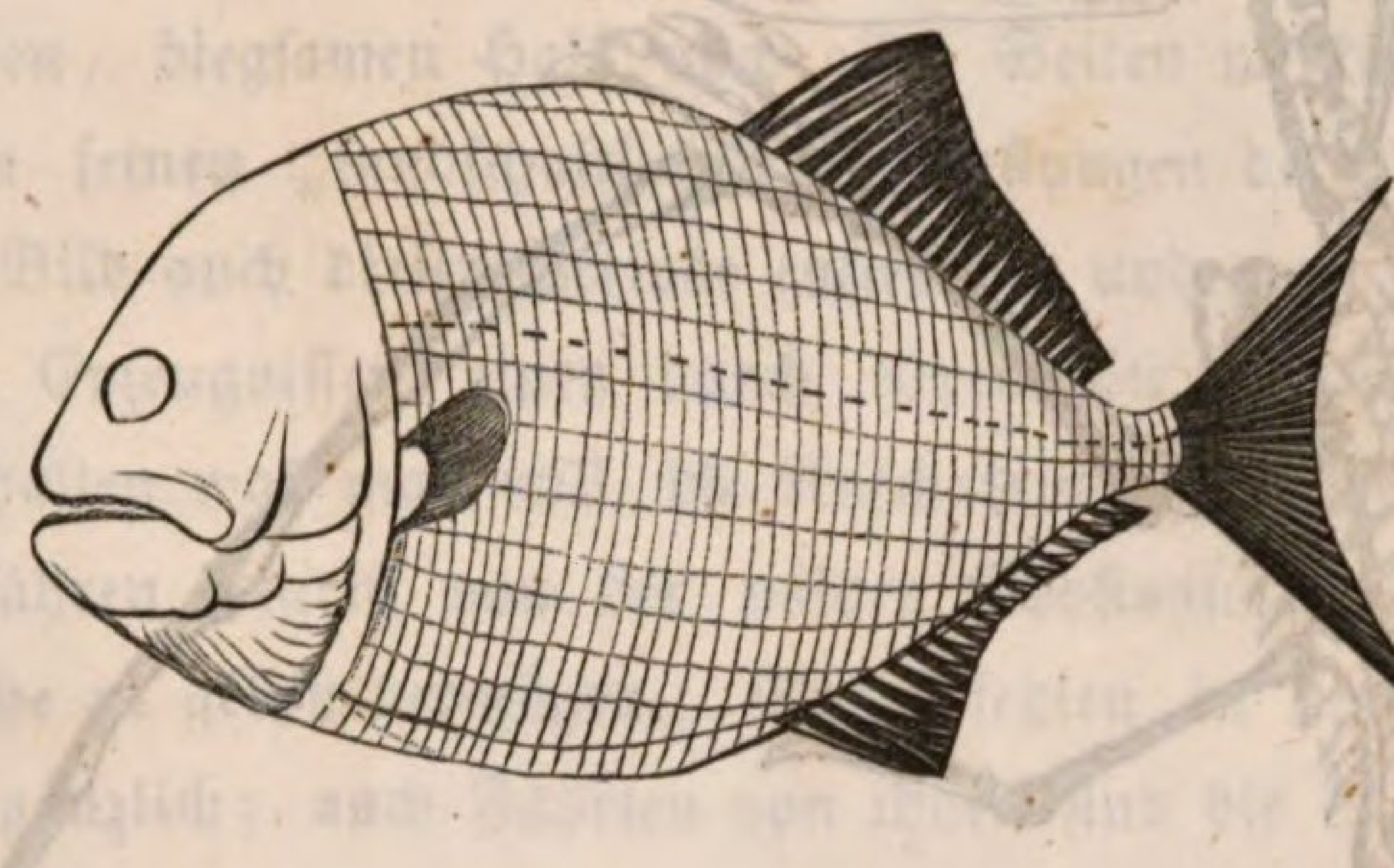
---

*) Copie nach Geinitz. Taf. XXIII. Fig. 8 u. 9.

**) Desgl. Taf. XII. Fig. 14.

Die zu den Ganoiden gehörigen Chimäriden sind zahlreich; Strophodus-Arten, Pycnoden, Dapedien u. a. gehören zu den bekanntesten. Statt der vielen aufgefundenen Reste von Fischen, Skelette, Zähne u. s. w. führen wir hier nur eine ideale, nach jenen Resten entworfene Zeichnung von Agassiz vor (Fig. 51). — Unter den Reptilien fehlen

Fig. 51.



Ideale Zeichnung von Dapedius politus nach Agassiz ($^3/_8$ nat. Gr.). Aus dem Lias-Schiefer Englands.*)

noch Schlangen und Frösche; aber die Echsenarten, die Saurier erreichen hier ihre größte Entwicklung und die Herrschaft über die Thierwelt; die Schildkröten sind schon zahlreich vertreten. Unter jenen sind namentlich die Seeeidechsen oder Enaliosaurier ausgezeichnet. Die fast abenteuerlichen Ichthyosauren (Fig. 52), Megalosauren, Plesiosauren u. s. w.

Fig. 52.



Ichthyosaurus communis aus dem Lias.
a. Zahn ($^2/_3$ nat. Gr.) **)



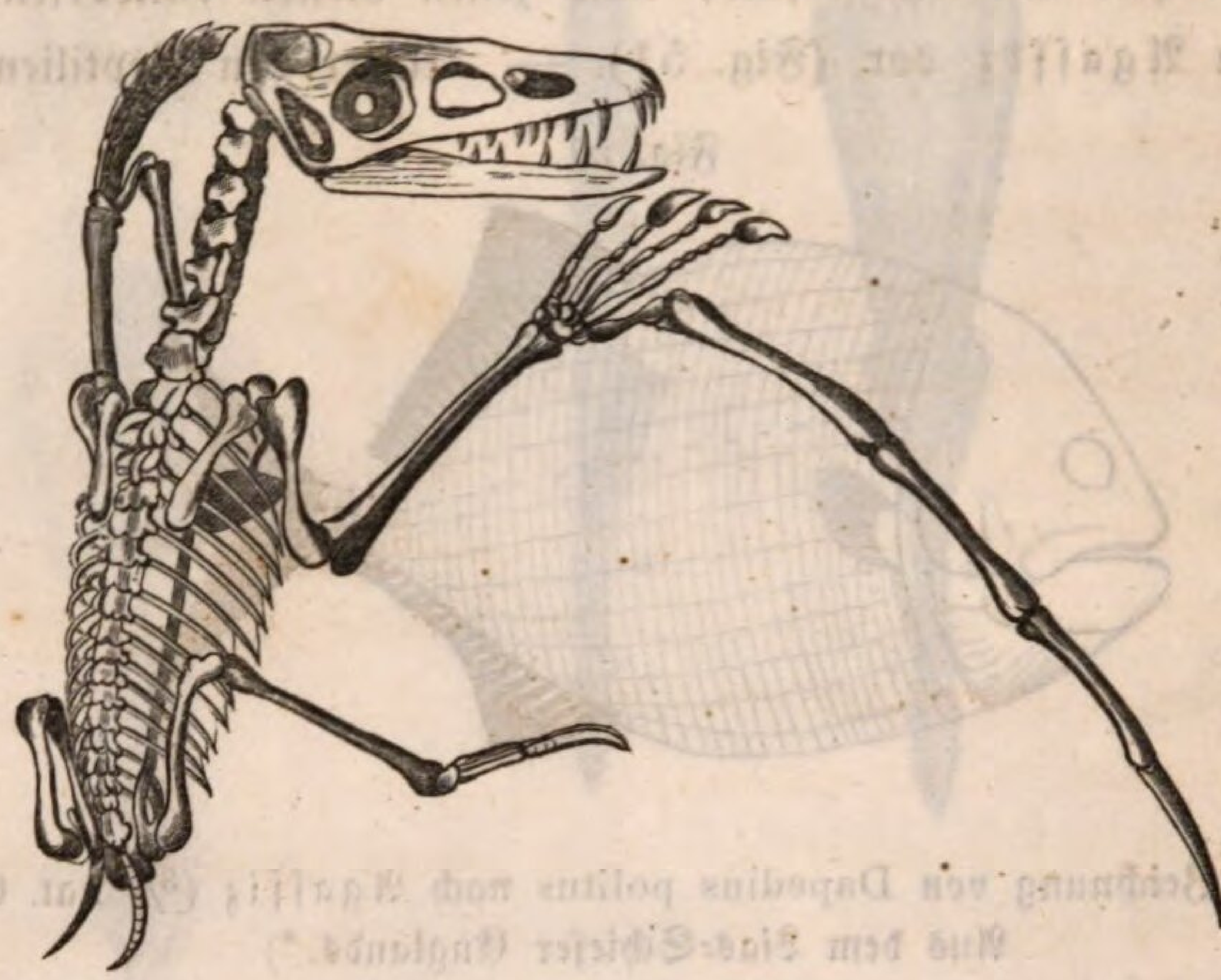
a

---

*) Nach Bronn. Lethaea. Taf. XXIV. Fig. 2.
**) Copie in $^1/_2$ Gr. nach Bronn. Lethaea Taf. XXVI. Fig. 2.

finden sich hier aufbewahrt und die ihnen nahe verwandten Pterodactylen (Fig. 53) mit einer Flughaut wie unsre Fledermäuse versehen, ver-

Fig. 53.



Pterodactylus crassirostris in $1/4$ nat. Gr. aus dem lithographischen Schiefer von Pappenheim. Nach Goldfuß.

mehren die Anzahl dieser wunderbaren und Ungeheuern gleichenden Geschöpfe. Esquiros**) sagt: „das Auftreten des Ichthyosaurus muß etwas Furchtbares, Fabelhaftes an sich gehabt haben. Wie ein Riese des Oceans taucht er aus dem Abgrunde, worin die Ereignisse die erste Manifestation erschaffener Wesen verschlungen hatten. Was muß dieser Ichthyosaurus für ein Thier gewesen sein! Man muß dieses monströse Reptil sehen, um an seine Existenz zu glauben. Wie die Menschheit, so hat auch die Natur ihre fabelhaften Zeiten gehabt. Es vereint dieser Ichthyosaurus in sich die Schnauze des Delphins, die Zähne des Crocodils, den Kopf der Eidechse, die Flossen eines Wallfisches und den Wirbelbau gewöhnlicher Fische; sein enormes Auge hatte häufig die Größe eines Menschenkopfes; in seinem Bauche finden sich Ueberreste von Fischen und Reptilien, die ihm damals zur Nahrung

*) Copie nach Geinitz. Taf. VI. Fig. 1.
**) S. Cotta's Briefe zu Humboldt's Kosmos I, pag. 152.

dienten. Dem Ichthyosaurus zur Seite steht der Plesiosaurus, ein Thier, welches die Hydren, Drachen und alle andern fabelhaften Thiere rechtfertigt. Mit dem Kopfe der Eidechse, mit den Zähnen des Crocodils, mit dem Rumpfe und Schweife des Vierfüßlers, mit den Rippen des Chamaeleons und den Finnen des Wallfisches, so haben wir den Plesiosaurus vor uns. Er schwamm auf der Oberfläche des Wassers, den schlanken, biegsamen Hals nach allen Seiten wendend." Unger hat uns in seinen „landschaftlichen Darstellungen der Urwelt" (Wien 1847) ein Bild auch dieser Periode entworfen und mag man immerhin von diesen Erzeugnissen einer durch vereinzelte Thatsachen gestützten Phantasie halten was man will, die Anschauung jener Bilder wird doch einen ungefähren Begriff von der wilden Physiognomie der damaligen Erdoberfläche zu geben vermögen. Vögel fehlen in der Oolithen-Periode noch gänzlich; auch Fährten von ihnen sind bis dahin unbekannt. Von Säugethieren kommen nur Reste zweier ausgestorbener Sippen vor; das Phascolotherium Bucklandi, welches den Beutelthieren zugezählt wird und das Thylacotherium oder (nach Owen) Amphiterium Prevosti, von welchen beiden, wie schon oben erwähnt, in den Stonesfield-Schiefern, die Kinnladen gefunden wurden.

Wir kommen zur Kreidegruppe. Die Fauna derselben zeigt im Wesentlichen keine bedeutenden Fortschritte, doch schließt mit ihr das Vorkommen mancher bisher beobachteter Gattungen ab, und andere Gattungen gelangen zu weiterer Entwicklung. Die Rhizopoden oder Foraminiferen finden sich namentlich in der weißen Kreide und den Kreidemergeln in großer Anzahl und vielen Familien vertreten; manche neue Arten von Polypen treten auf; die Bryozoen sind sehr ausgezeichnet und vielfach vertreten; man findet sie auf vielen Versteinerungen; Escharineen, Celleporiden und Reteporiden sind unter ihnen bemerkenswerth. Acalephen-Reste sind noch zweifelhaft. Von den Echinodermen nehmen die Crinoiden sehr ab und verschwinden mit der Kreide, Seesterne und Seeigel kommen dagegen in sehr reicher Menge vor. Unter den zahlreichen Acephalen kommen Terebrateln vor und vor Allen die Rudisten oder Hippuriten, die sich ganz auf diese Gruppe beschränken (Fig. 54 a. f. S.). Diese letztern finden sich in Bänken vereint und sind aus zwei ungleichen Schaalen zusammengesetzt. Das Thier ist unbekannt.

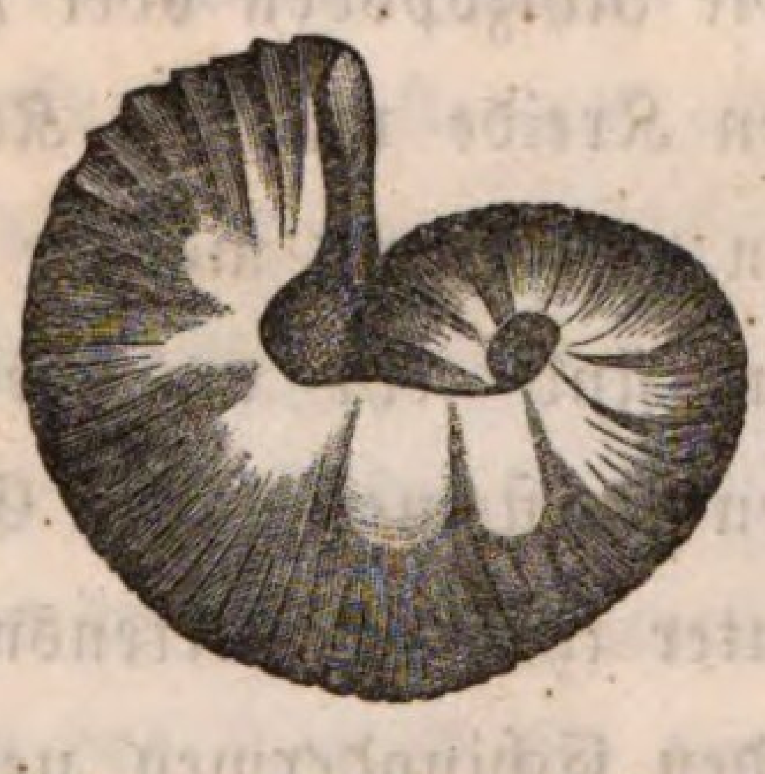
Die unregelmäßige, zweiklappige Schaale ist groß, dickwandig, ungleichklappig, mit einer Klappe aufgewachsen. Beide Klappen sind grade oder spiral-dütenförmig, mit der Oeffnung einander zugewendet, nur die Deckel-Klappe wird zuweilen ganz flach. Die innere Höhle entspricht der äußern Form nicht, sondern ist unregelmäßig, durch 2—3 seitliche Längsfalten und andre Vorsprünge lappig, zuweilen auch in mehre ganz getrennte Höhlen getheilt." **) Gasteropoden finden sich zahlreich und in neuen, schon in die heutige Fauna hineinreichenden Formen; die Rostellarien, die Faltenschnecken, die Spindelschnecken kommen vielfach vor. Unter den Cephalopoden kommt hier die Gattung der Ammoniten zur höchsten Entwicklung; sie sind neben den Rudisten die wichtigste Thierfamilie der Kreide. Zu ihnen gehören die Scaphiten (Fig. 55), die Hamiten (Fig. 56), die Baculiten (Fig. 57) und Tur-

Fig. 54.



Hippurites cornu vaccinum. (Ein Kern mit einem anhangenden Stück Schaale.) Aus dem Hippuriten-Kalk des Unterberges in Salzburg. *)

Fig. 55.



Scaphites aequalis aus der Kreideformation. ***)

Fig. 56.



Hamites armatus. Von der Seite. (Bruchstück.) Aus dem Plänerkalk bei Strehlen. †)

*) Copie (1/4 nat. Gr.) nach Bronn. Lethaea Taf. XXXI. Fig. 2.
**) Bronn Leth. geogn. 4. Lieferung, 1852. pag. 240.
***) Copie nach Bronn. Lethaea. Taf. XXXIII. Fig. 8.
†) Copie nach Geinitz. Taf. XII. Fig. 2.

riliten (Fig. 58), welche sich in großer Menge finden. Die Ammoniten

Fig. 57.



Baculites anceps. (b. von der Seite, a. eine Scheidewand mit dem Sipho von vorn). Im Kreidemergel und sog. Baculitenkalk.*)

Fig. 58.



Turrilites polyplocus, verkleinert und ergänzt. Aus d. Plänerkalk von Strehlen.**)

aber sowohl, wie die Belemniten hören mit der Kreideperiode auf. Unter den Fischen treten hier zuerst die ächten Knochenfische, wenn auch noch nicht in zahlreichen Arten auf; Vogt sagt von den diese Periode charakterisirenden Fischen, daß sie gewissermaßen ein Bindeglied zwischen denen der frühern Schichten und den jetzt lebenden bilden. Unter den Reptilien sind die Frösche und Schlangen noch nicht vertreten; die Blüthezeit der Saurier ist vorüber, doch kommen hie und da noch Plesiosauren und Ichthyosauren vor; auch das riesenhafte Iguanodon findet sich noch. Riesige Pterodactylen bilden nach Bronn noch die merkwürdigste Erscheinung. — Von Schildkröten finden sich einige Wasserbewohner. Vögel und Säugethiere sind noch nicht vorhanden, außer einem zu den Palmipeden gehörigen Cincolornis. —

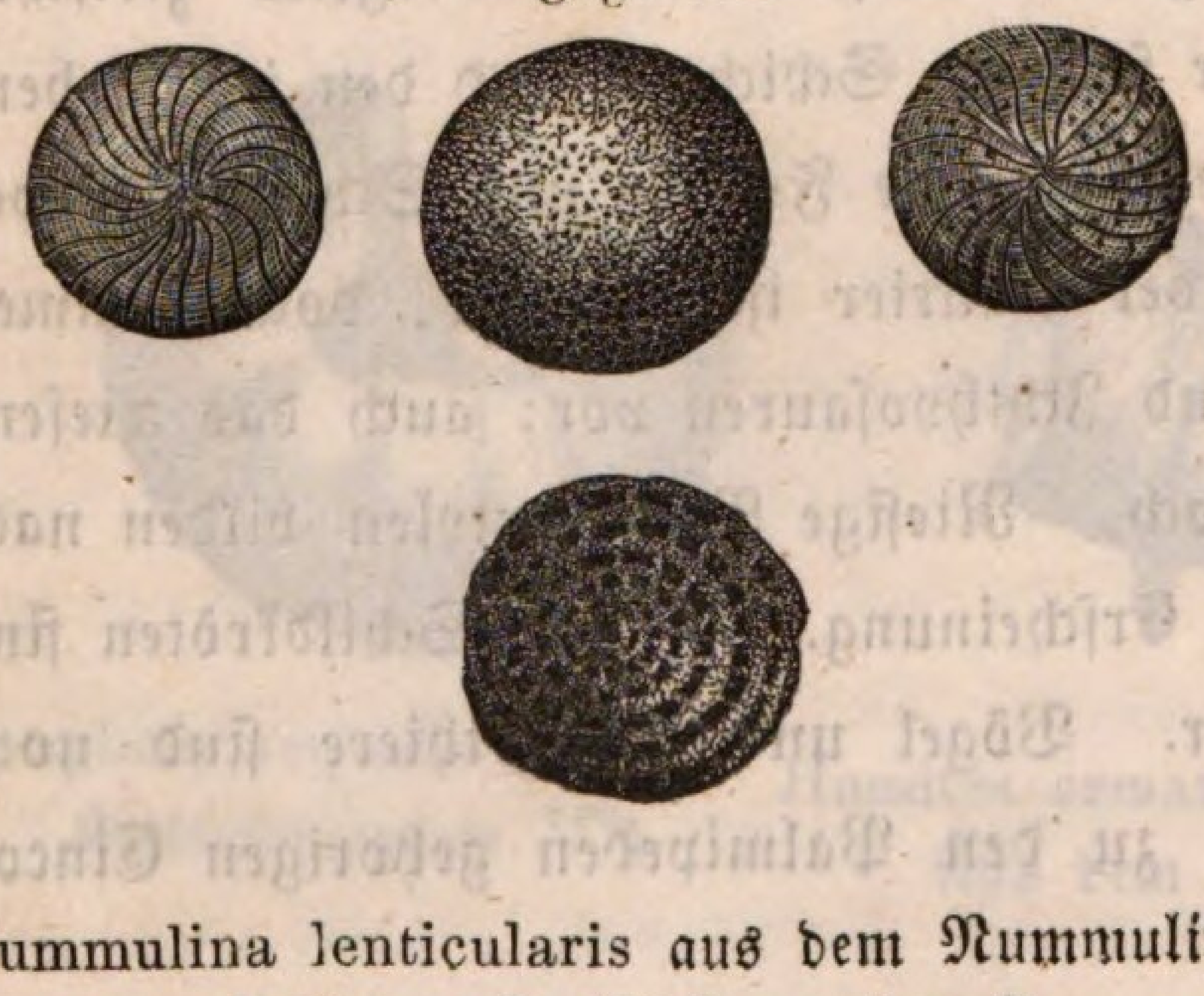
Das Auftreten dieser höchst entwickelten Thierformen war der Zeit

*) Copie (1/3) nach Bronn. Lethaea. Taf. XXXIII. Fig. 6.
**) Nach Geinitz. Taf. XII. Fig. 5.

der tertiären Formation oder der Molassegruppe vorbehalten, in welcher überhaupt, wie im Pflanzenreich, eine reiche und sich der gegenwärtigen annähernde Entwicklung des Thierreichs Statt hatte. „Im Ganzen," sagt Bronn, „nimmt die Anzahl der Arten, Sippen, Familien, Ordnungen und Classen fortwährend zu, obwohl auch einige Familien da und dort verschwunden sind. Die Schöpfung wird mannichfaltiger. Während im ganzen Reiche der Organismen in der Kohlenperiode nur wenige, in der Trias 0,50, in der Oolithen-Periode und Kreide 0,43 aller Sippen mit den noch lebenden übereinstimmten, macht deren Verhältniß in der Molassen-Periode im Ganzen 0,73. Während wir in den frühern Perioden die Zahlen der Arten zwischen 1100 und 5000 schwanken sehen, beträgt sie in der Molasse-Periode bereits 7000. Hier endlich treten auch die ersten Organismen von noch jetzt lebenden Arten auf. Im Ganzen haben aber die Sippen und Arten der Tertiär-Zeit in Europa einen etwas südlichern Charakter als die jetzt daselbst in gleicher Breite wohnenden; sie entsprechen theils mittelmeerischen Formen, theils und oft in auffallendem Grade denen des wärmeren Theiles von Nord-Amerika und Japan, mitunter den jetzigen Tropenbewohnern (Konchylien wie von Guinea u. s. w.), ja selbst australischen Formen." —

Die Classe der Kieselinfusorien, der Polygastrica Ehrenbergs, hat sich in der Molasse bedeutend vermehrt; sie treten mit 700 Arten in allen Niederschlägen aus salzem oder süßem Wasser auf. Unter den Rhizopoden oder Foraminiferen ist besonders ausgezeichnet die Gattung der Nummuliten, die dem Nummuliten-Kalk den Namen gab (Fig. 59). Sie bilden kleine scheibenförmige, runde, bald mehr, bald minder bauchige

Fig. 59.



Nummulina lenticularis aus dem Nummuliten-Kalk der Tertiärformation.*)

---

*) Nach Bronn. Lethaea. Taf. XXXV. 2. Fig. 13.

Körper oder Gehäuse mit spiralig gestellten Kammern, zum Theil ganz ähnlich den Rhizopoden der Gegenwart; sie setzen, wie die Kieselinfusorien, ganze Gebirgsmassen der Grobkalkgruppe zusammen. Die ziemlich gewundenen Rotalien (Fig. 60), die Robulinen u. a. sind unter ihnen ausgezeichnet. Unter den Polypen kommt die Gattung Turbinolia im sandigen Grobkalk in zahlreicher Menge vor (Fig. 61, 62 u. 63). Unter den Echinodermen haben die gestielten Arten aufgehört zu erscheinen: die Crinoiden sind bis auf 2—3 Arten gänzlich verschwunden; dagegen sind die höher stehenden Echiniden sehr zahlreich. Von Brachiopoden sind die Rudisten wieder verschwunden. Andere Acephalen fin=

Fig. 60.



Foramifere. Rotalia Calenbergensis. In Sand=Schichten der Tertiärformation Norddeutschlands.*) (a. von der Seite, b. von oben.)

Fig. 61.



Turbinolia elliptica aus der untern Abtheilung des Grobkalkes.**) a. von oben, b. von der Seite.

Fig. 62.



Turbinolia crispa aus dem Grobkalk (vergrößert). a. von d. Seite. b. Form des Querdurchschnitts. c. vergrößerte Stelle der Seite.***)

Fig. 63.

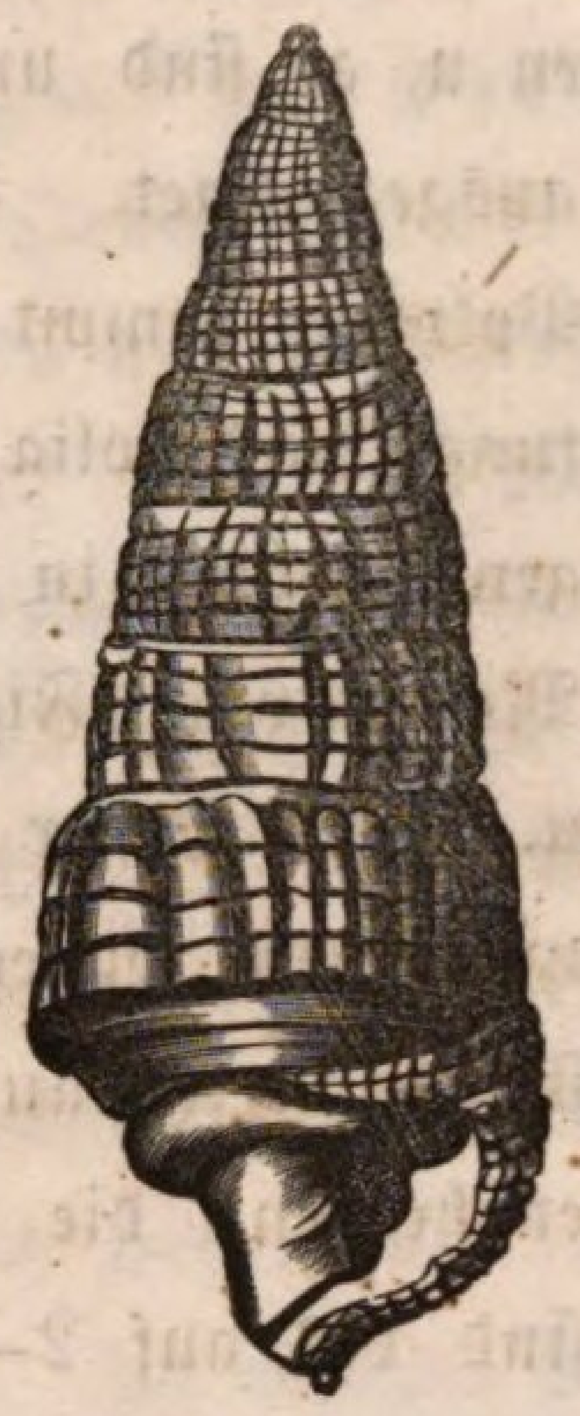


Turbinolie. Paracyathus procumbens aus dem Grobkalk.†)

*) Copie nach Bronn. Lethaea. Taf. XXXV. 2. Fig. 17.
**) Desgl. Taf. XXXVI. Fig. 2.
***) Desgl. Taf. XXXV. Fig. 3.
†) Desgl. Taf. XXXV. 4. Fig. 20.

den sich in reicher Menge. Unter den Gasteropoden sind die schönen Cerithien (Fig. 64) und die Turritellen (Fig. 65) im Grobkalk ausge-

Fig. 64.



Cerithium plicatum (var: lignitarum). Aus tertiärem Thonmergel des Tunnels v. Triebitz b. Landskron in Böhmen.*)

Fig. 65.



Turritella imbricataria nach Deshayes. Aus dem Pariser Grobkalke.**)

zeichnet; Porcellanschnecken von eiförmiger Gestalt mit polirter Schaale kommen nur in den Tertiärschichten und heutigen Meeren vor. — Unter den luftathmenden Süßwasserschnecken sind die Sumpfschnecken (Lymneiden) wichtig; unter den Landschnecken die sog. Thürschnecken (Cyclostomiden) ausgezeichnet; sie haben dünne Schaalen mit runder oder halbmondförmiger Oeffnung, die mit einem Deckel vollständig geschlossen werden kann. Auch die Heliciden, zu denen unsre Garten- und Weinbergschnecken gehören, sind vertreten. Von den Cephalopoden sind Ammoniten und Belemniten geschwunden; sie sind überhaupt nicht zahlreich vertreten. Unter den Krustern beginnen hier die Balaniden; die schon längst erloschenen Trilobiten finden sich auch hier nicht; die kurzschwänzigen Decapoden (Krabben) gehören dagegen vorzugsweise der Tertiärformation und der Gegenwart an. Fossile Insecten finden sich

*) Nach Geinitz Taf. XIV. Fig. 3.
**) Copie nach Geinitz Taf. XIV. Fig. 6.

in zahlreichen Arten und namentlich in dem wahrscheinlich der Miocen-Periode angehörigen Bernstein wohlerhalten vor. „Hier sowohl, im Bernstein nämlich, wie in den steinigen Gebirgsschichten sind alle Tausendfüßler, Spinnen und alle Ordnungen der Hexapoden gleichmäßig vertreten und nur in dem Grade häufiger oder seltener, als die Derbheit ihrer Körperhülle ihre fossile Erhaltung mehr oder weniger begünstigt und ihre Lebensweise die Einführung ihrer Leiber in die entstehenden Gesteinsniederschläge erleichtert hat. Bewohner von Bäumen und häufig in der Luft umherschwärmende Formen finden sich am häufigsten; die zarten Schmetterlinge selten." *) Unter den Fischen gewinnen die Knochenfische bedeutend das Uebergewicht; sie mögen 0,80 der sämmtlichen Fischarten betragen. Haifische und Rochenzähne finden sich in großer Anzahl. An 200 Arten ohne Ausnahme ausgestorbener Fische finden sich am Monte Bolca bei Verona; sie haben meistens eine Form, wie die jetzt in den tropischen Meeren lebenden Arten. Unter den Reptilien sind die in den vorhergehenden Perioden vorkommenden riesenhaften Saurier geschwunden; Schlangen und Froscharten treten dagegen auf. Crocodile, Eidechsen und Schildkröten tragen mehr oder weniger den Typus der Gegenwart. — Die Classe der Vögel beginnt, abgesehen von den oben erwähnten Fährten im bunten Sandstein, in den Tertiärschichten; in dem Mainzer, Londoner und Pariser Becken finden sich Knochenreste, welche großen straußartigen Thieren angehört zu haben scheinen. In dem Diluvium und Alluvium hat man selbst versteinerte Eier, deren Aeußeres wohlerhalten und deren Inneres mit Kalkspath ausgefüllt ist, **) aufgefunden und noch kürzlich wurde mitgetheilt, daß Geoffroy St. Hilaire auf Madagascar und Bourbon sehr große versteinerte Eier gefunden habe, die sich alsbald im Pariser Museum befinden werden. Insonderheit interessant sind aber die Tertiärformationen durch die riesenhaften Säugethiere, welche hier zuerst in großer Anzahl und in einer den Sauriern der Oolithenperiode zu vergleichenden Gestalt auftreten. Das riesenhafte zu den Walen gehörige Zeuglodon, die Dinotherien, die Mammuthe (Fig. 66) (Elephas

*) Bronn, Lethaea. 5. Lief. pag. 86.

**) S. Cotta a. a. O. pag. 158.

Fig. 66.



Skelett des Mammuth (Elephas primogenius).

primogenius), die Mastodonten, die den Tapiren nahe kommenden Palaeotherien (Fig. 67), die Anaplotherien, das zu den Wiederkäuern gehörende Sivatherium, der zu den Hirschen gehörige Cervus megaceros, die den Faulthieren ähnlichen Megatherien und die Mylodonten (Fig. 68)

*) Aus Vogt's Lehrbuch der Geologie copirt. —

Fig. 67.



Umriß des Palaeotherium magnum. Aus den Gypsbrüchen von Montmartre, nach der Restauration von Cuvier.*)

Fig. 68.



Mylodon robustus. Aus dem Pampasthone.*)

*) Aus Vogt's Lehrbuch der Geologie copirt. —

gehören hierher. Das Dinotherium, ein riesenmäßiges, elephantenähnliches Thier, ist in der Molasse des Mainzer Beckens gefunden; Mastodonten-Knochen ließ Humboldt in dem 8200′ hoch über dem Meere gelegenen Felde von Bogota ausgraben; den Mammuth findet man namentlich in Sibirien und Nordasien, Palaeotherien in den Gypsbrüchen von Montmartre. Das Sivatherium bewohnte zur Tertiärzeit das Vorgebirge des Himalaya. —

In den Schichten des Diluviums finden sich endlich Reste von Säugethieren, die den jetzt lebenden schon sehr nahe kommen. In der Muggendorfer Höhle in Bayern, in der Baumanns- und Bielshöhle am Harze finden sich neben Mammuths-Knochen solche von Nilpferden und namentlich von Hyänen und Bären; die Vorgebirge des Himalaya enthalten fossile Reste von Elephanten, Rhinoceros und Giraffen. Affenreste hat man, wie Vogt angiebt, bis jetzt nur an zwei Orten in Europa gefunden: in Sansans bei Auch (Departement du Gers in Südfrankreich) und in Kyson in Suffolk bei 52° nördlicher Breite, während die jetzigen Affen nicht über den 37° nördl. Breite hinausgehen.

Schließlich tritt unter den Versteinerungen des Alluvium und zwar auf Guadeloupe das erste menschliche Skelett auf; es beginnt damit die gegenwärtige Periode. In dieser entfalteten sich erst die Thier- wie Pflanzenarten zu jener Mannigfaltigkeit, wie sie uns heute umgiebt und wie sie in keiner frühern Periode sich vorfand; ihr war insonderheit die reiche Entfaltung der höher entwickelten Pflanzen- und Thierformen vorbehalten. — Während auch in der Molasseperiode nur etwa 7000 Arten von Thieren aufgefunden worden sind, beträgt die Zahl der Arten der gegenwärtigen Schöpfung circa 120,000; und während die Artenzahl sämmtlicher fossiler Pflanzen, so weit sie bis jetzt bekannt sind, 2400 nicht übersteigt, trägt unsre heutige Erde eine Flora mit über 100,000 Arten.

Werfen wir nun einen kurzen Rückblick auf all jene, hier nur in größter Kürze skizzirten Faunen der verschiedenen Erdschichten, so gelangen wir in der That zu ganz denselben Resultaten, wie bei der Betrachtung des Pflanzenreichs. Auch im Thierreich tritt uns jene vom Niedern zum Höhern aufsteigende Entwicklung der Organismen entgegen; Fische bilden die höchste Bildungsstufe der Bronn'schen Kohlen-

formation, Reptilien die der secundären Periode, und erst in der Molasse finden wir Vögel und Säugethiere. Und je tiefer wir gehen, desto verschiedener sind zugleich die Thierformen von denjenigen, die der gegenwärtigen Periode angehören. Wo finden sich jetzt jene Panzerganoiden, jene Saurier oder jene Mastodonten und Dinotherien, welche wir in den verschiedenen frühern Perioden kennen lernten? Die meisten Thierformen der ersten Periode sind ganz ausgestorben, selbst Hunderte von Arten, die der Molasse-Periode angehören, befinden sich nicht mehr unter den lebenden. Aber, wie im Pflanzenreich, so gelangten auch im Thierreich die früher weniger zahlreichen Arten zum Theil zu einer individuellen Entwicklung, wie wir sie heutigen Tages nicht mehr finden; der unendliche Reichthum an Bildungsmaterial und anderweitige die Entwicklung dieser oder jener Organismen begünstigende Verhältnisse lassen sich daraus erschließen.

Ein näherer Verfolg dieser Verhältnisse bietet ein überaus großes Interesse dar. Das Studium der einzelnen fossilen Thierformen und ihrer größern oder geringern Verwandtschaft mit denen der Gegenwart, der Vergleich der verschiedenen Artenmenge früherer Perioden mit derjenigen der jetzigen Fauna, das nähere Studium der einzelnen Fundorte u. s. w. erheben die Palaeontologie zu einem der unterhaltendsten und für weitere Fragen lehrreichsten Gebiete der Naturforschung. Hier müssen wir uns auf die gegebenen Andeutungen beschränken. Haben sie Lust und Liebe zu einer nähern Kenntniß des weiten Reichs der vorweltlichen Organismen rege gemacht, so verweisen wir auf das Studium der oben schon namhaft gemachten Werke, und neben ihnen u. a. auf Quenstedt's Handbuch der Petrefactenkunde mit Atlas (Tübingen 1852), so wie auf Geinitz: Grundriß der Versteinerungskunde (Dresden 1846); vor Allem aber auch hier wieder auf den Besuch unsrer Museen, auf die unmittelbare Anschauung der Naturerzeugnisse selbst. Absichtlich haben wir hier und dort sorgfältiger Untersuchungen specieller Gebiete ausführlicher gedacht, als es dem Zwecke dieser Vorträge entspricht; aber das Eingehen auf diese giebt, wie in allen Zweigen der Wissenschaft, so auch bei dem Studium der Palaeontologie erst den wahren Begriff von dem hohen Interesse, welches mit demselben verknüpft ist und unserm Wunsche, dasselbe klar hervortreten

zu lassen, konnte nicht besser, als in dieser Weise entsprochen werden. Je mehr es noch in der Palaeontologie zu fragen, zu enträthseln und zu denken giebt, um so lebhafter erregt uns die Mittheilung durch umsichtige Forschungen entdeckter Thatsachen, die, wie u. a. Goeppert's neuere Untersuchungen über die fossilen Vegetabilien, die schwierigsten Fragen mehr und mehr einer befriedigenden Lösung entgegenführen. —

Fünfter Vortrag.

Betrachtungen über die erste Entstehung und die allmählige Entwicklung der Organismen.

[illegible] als in dieser Weise entsprochen werden [illegible] zu fragen, zu enträthseln und [illegible] die Mittheilung durch um- [illegible] wie u. a. [illegible] die schwierigsten [illegible] Lösung entgegenzuführen. —

Daß die Entwicklungsgeschichte der Erde und ihrer Bewohner als ein integrirender Theil der allgemeinen Physiologie zu betrachten sei, wurde schon früher einmal hervorgehoben. Erst nach erlangter Uebersicht über das eng zusammenhängende Ganze der uns gegenwärtig umgebenden Welt wird man herausfühlen, daß unsere vorangeschickten, wenn auch nur skizzenartigen Betrachtungen der gesammten physiologischen Anschauung gewissermaaßen Grund und Boden geben, daß eine mangelnde Kenntniß jener Entwicklungsgeschichte nicht mit Unrecht als die Ursache mangelhaften Verständnisses einzelner Gebiete der Physiologie bezeichnet werden darf. Mancher Begriff andrerseits ist schon jetzt festgestellt. So wissen wir, daß unsre heutige, lichtdurchdrungene Atmosphäre nur den Rest jenes ursprünglichen Erd-Gasballes bildet, dessen elementare Bestandtheile zum größten Theil zur festgewordenen Masse unserer Erdkruste oder zum tropfbar-flüssigen, die Tiefen der Erdoberfläche ausfüllenden Wasser verdichtet wurden; so wissen wir ferner, daß die sämmtlichen unorganischen Bestandtheile, von denen als Bestandtheilen des pflanzlichen oder thierischen Organismus die Rede ist, nur der festen Erdrinde oder dem sie bespülenden Wasser entnommen sein können; so ferner, daß die sämmtlichen organischen aus Kohlenstoff und Wasserstoff, oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehenden Verbindungen ihre Elementarstoffe möglicherweise sämmtlich der jetzigen Atmosphäre entnehmen können, denn Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure nebst wechselnden Mengen von Wasserdampf sind eben die Residuen des Urgasballs der Erde, welche unsre heutige Atmosphäre bilden.

Allein das Studium der Entwicklungsgeschichte des Erdkörpers und insonderheit der Palaeontologie hat noch einen andern und hohen Werth. Wie es einen Jeden unmittelbar und unwillkürlich zu der Frage hindrängen muß nach der ersten Entstehung pflanzlicher und thierischer Organismen, und nach der Ursache der allmählig fortschreitenden Entwicklung derselben, so bietet es selbst auch gleichzeitig eine zuverlässige Handhabe zur annähernden Lösung dieser schwierigen Frage dar und greift damit ein in die größten und schwierigsten Probleme der Menschheit, ja in das Gebiet unseres Glaubens, unserer religiösen Ueberzeugung. Je größer die thatsächlichen Fortschritte der Physiologie sind, um so größer wird auch ihre Berechtigung auf jenem heutigen Tages so vielfach discutirten und zerrissenen Gebiete zu Rathe gezogen zu werden. Wissen und Glauben sind nicht zwei getrennte Gebiete; sie als unvereinbar darstellen heißt nichts weiter, als eins derselben als vernunftwidrig bezeichnen, denn was vernunftgemäß ist, muß auch mit einander vereinbar sein und daß es Gegenstände des Glaubens, Gränzen der sinnlichen Wahrnehmung giebt, ist eben so gewiß, als daß es Gegenstände des Wissens giebt. Eben deshalb aber ist eine umfassende Kenntniß der physiologischen Thatsachen für jede weitere Abstraction eine unerläßliche Nothwendigkeit. Wer sich nicht einem blinden Glauben hingiebt, nicht einer jeden Vernunftkritik absichtlich entzieht, der wird sich solcher Erkenntniß um so mehr befleißigen, als er nur damit zur richtigen Erkenntniß der Gränze menschlichen Wissens gelangt und dem weiten, bis dahin jeder physiologischen Erklärung unzugänglichen Gebiete des Glaubens sein Recht zu verschaffen vermag.

Wir verkennen es keineswegs, daß die Palaeontologie ein noch sehr der Erweiterung und Entwicklung bedürftiger Zweig der Naturwissenschaften ist. So weit sie auch durch die unablässigen Bemühungen ihrer vielen und großen, von reinem Drange des Wissens getriebenen Verehrer in den letzten Decennien gefördert ist, es bleiben noch viele Lücken auszufüllen und mit aller Sicherheit läßt es sich annehmen, daß im Laufe der kommenden Jahre durch die europäischen Grenzen überschreitende Untersuchungen noch manch unerwarteter, lehrreicher Fundort entdeckt werden wird. Aber dennoch zieht es uns schon mächtig zu dem Versuche einer Lösung jener interessanten Frage nach der ersten Ent-

stehung der pflanzlichen und thierischen Organismen, nach dem ersten Entstehen organischen Lebens hin; es lockt uns auch hier das Reich der Hypothese, in welches man nach der Ermittlung einer Reihe von Thatsachen dann und wann nur zu gern hinübergreift, in welches für wissenschaftlichen Fortbau und richtige Fortführung dieser und jener Untersuchungen der Uebergriff aber oft auch nicht nur erlaubt ist, sondern sogar zur Nothwendigkeit wird. Wagen wir denn einen Versuch. Durchdrungen von dem Wunsche nach einer Einigung unsrer naturwissenschaftlichen und religiösen Ueberzeugungen, nach klarer Erkenntniß der Grenze unseres jetzigen Wissens, entgegen ferner eben so sehr denjenigen, welche eine Trennung beider Gebiete wollen, als denjenigen, welche der Grenze menschlicher Einsicht vergessend, nichts statuiren, als was sie sinnlich begreifen und wahrnehmen können, dürfen wir uns sorglos jenen schwierigen Fragen hingeben. Und ob wir auch fern davon sind, eine definitive, wohl kaum jemals durch stricten Beweis zu erhärtende Lösung derselben herbeizuführen, schon das hat seinen Werth und sein hohes Interesse, daß man sich des gegenwärtigen Standpunktes der Wissenschaft gegenüber den zu aller Zeit waltenden Vorstellungen und Vermuthungen klar bewußt wird; was man dabei als eigene Ueberzeugung hinstellt, darf selbstverständlich niemals auf mehr, als auf den Werth einer subjectiven Anschauung Anspruch machen und sich nicht etwa einen Vorzug vindiciren vor irgend welcher andern durchdachten und an Thatsachen sich anlehnenden Vorstellung.

Es bedarf zunächst wohl kaum noch der Bemerkung, daß der Stoff, aus dem die uns umgebende Welt besteht, noch immer derselbe ist, der er von Anfang an war, daß die Elementarstoffe selbst keine Veränderung erlitten. In den ältesten Granitmassen finden wir dieselben Elemente, wie in dem aus den Verwitterungsmassen der Eruptionsgesteine und deren Anschwemmung hervorgegangenen Alluvialboden. In den glühenden Laven, die noch jetzt dem Innern der Erde durch vulkanische Ausbrüche entströmen, finden wir dieselben Bestandtheile, die in den ältesten massigen Gesteinen vorkommen. In den vor Tausenden von Jahren entstandenen Pflanzen und Bäumen, deren Reste uns die Steinkohlen- und Braunkohlenlager aufzeigen, finden wir Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in einer Verbindung, wie sie noch heutigen Tages, aus den Elementarstoffen zum Holz des Baumes zu-

sammengefügt, durch allmählige Metamorphosen desselben dargestellt werden kann. Und wie die Stoffe selbst, so sind auch die Gesetze, welche sie beherrschten und sie zu diesen und jenen Verbindungen nöthigten, noch immer dieselben; nur die Bedingungen, unter denen sie zur Geltung kamen, sind andere geworden. Noch heute verbindet sich der Sauerstoff mit dem Kohlenstoff zu Kohlensäure, das Eisen mit dem Sauerstoff zu Eisenoxydul und Eisenoxyd, der Schwefel mit dem Sauerstoff zu Schwefelsäure; noch heute bilden kieselsaures Kali und kieselsaure Thonerde, in bestimmten Proportionen gemischt, Feldspath und Glimmer; noch heute findet Anziehung und Abstoßung der Stoffe bei der Crystallbildung, bei der chemischen Verbindung in durchaus gleicher Weise Statt, wie sie bei der Erdbildung bis zu den ältesten Perioden hinauf stattgefunden hat; noch heute endlich ist es eine Eigenschaft der Pflanze, die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zur Holzfaser zusammenzufügen. Sollten wir da an einen Wechsel der Materie oder an einen Wechsel der sie beherrschenden Gesetze denken? Von Anbeginn an existirten die Elementarstoffe, die noch heutigen Tages die uns umgebende Welt zusammensetzen, und die sie beherrschenden Gesetze oder die ihnen immanenten Kräfte waren nicht minder von Anbeginn an dieselben.

Die unorganischen Verbindungen können wir, wie schon früher erwähnt, noch täglich zum größten Theil in unsern Laboratorien erzeugen; ihr erstes Entstehen birgt wenig Räthsel in sich, wenn wir die damaligen Temperatur- und Druckverhältnisse in Anschlag bringen. Dem Scharfsinn und der Hand geübter Chemiker, wie Bunsen u. A. gelingt es, mit künstlicher Nachahmung jener urweltlichen Verhältnisse, die verschiedenen Entstehungsweisen der Mineralien darzulegen und experimentell zu erweisen. Was aber war es, das die ersten organischen ternären und quaternären Verbindungen herstellte, die wir doch heutigen Tages fast nur in Pflanze und Thier sich bilden sehen? Wie entstand der erste Baum, das erste Thier, die wir heutigen Tages doch nur aus Saamen oder Ei hervorgehen sehen? Was war es, das zuerst in die todte Masse diejenige Bewegung hineinbrachte, die wir heutigen Tages mit dem Ausdruck „Leben" bezeichnen? Weshalb bildete sich denn nicht sogleich eine Welt, der jetzigen gleich, ein Thierreich, ein Pflanz-

zenreich, wie es uns heute umgiebt? Werden wir bei Ueberlegung dieser Fragen mit Nothwendigkeit zu der Annahme eines unmittelbaren Eingriffs des Schöpfers in die Gestaltungsprocesse der Materie hingedrängt, oder lassen sich die fraglichen Vorgänge möglicherweise auch in anderer Art erklären?

Wohl ist es wahr, Niemand von uns ist Zeuge jener ersten Schöpfungstage gewesen; Alles, was wir in Bezug auf sie denken und sagen ist bald mehr, bald weniger begründete Vermuthung. Gleichwie aber durch eine sorgfältige und umsichtige Berücksichtigung der natürlichen und künstlichen chemischen Vorgänge der Gegenwart, im Großen und Kleinen, die Entwicklungsgeschichte der unorganischen, die Erdkruste bildenden Verbindungen die wesentlichste Aufklärung und eine theilweise wohl unzweifelhafte Deutung erfahren hat, so wird sich auch die Entwicklung der organisirten Körper durch eine gleiche Berücksichtigung gegenwärtiger organischer Bildungen wenigstens begreifen und wahrscheinlich machen lassen. Es ist, wie es scheint, nur die größere Mannigfaltigkeit der Erscheinungen und jene wunderbare, in dem einzelnen Individuum waltende Verschlingung einer langen Reihe physikalischer und chemischer Vorgänge, welche wir als Lebensproceß bezeichnen, die uns hier bisher in der Fortführung unsrer Schlüsse furchtsam gemacht und zu der Annahme besonderer Schöpfungsakte, unmittelbarer Eingriffe des Schöpfers hingedrängt hat; es ist die Unmöglichkeit der Herstellung und Beherrschung jener das Entstehen der ersten organischen Lebensformen bedingenden Verhältnisse, welche uns, jedes experimentellen Beweises bis dahin baar, zu absonderlichen Vorstellungen hingetrieben hat; es ist die Lückenhaftigkeit unserer palaeontologischen Kenntnisse selbst, die uns neue und wieder neue Zweifel zuführte und unsern Vermuthungen allerdings nur zu oft die thatsächliche Unterstützung versagt. A priori läßt sich nichts Erhebliches gegen unsre Ansicht einwenden; was für die unorganische Welt erst in heutigen Tagen durch fortschreitende Entwicklung der Chemie und Physik zur Gewißheit erhoben ist, weist auch vielleicht für die organischen Verbindungen und einfachsten Lebensformen die Zukunft bei fortschreitender Erkenntniß der Lebensbedingungen in überraschender Weise nach. Gehen wir jedoch unsre Fragen der Reihe nach durch und prüfen wir mit Bezugnahme auf die Lebenserscheinungen der

Gegenwart, zu welchen Vermuthungen sie uns Anlaß geben, wie weit ferner unsre Vermuthungen überhaupt gerechtfertigt sind.

Wie, so lautete die erste Frage, entstanden die ersten organischen ternären und quaternären Verbindungen?

Es wurde schon früher erwähnt, daß Pflanze und Thier ihrer Hauptmasse nach aus solchen ternären und quaternären Verbindungen bestehen; nur ein geringer Theil ihrer Substanz wird von unorganischen Verbindungen gebildet. Mit der einfachen Zelle, aus welcher sich Pflanze und Thier entwickeln, ist es aber nicht anders; auch sie besteht nur aus jenen ternären und quaternären Verbindungen und einigen Salzen. Ihre äußerste Hülle ist bei der Pflanze eine stickstofffreie Verbindung, eine größtentheils stickstoffhaltige füllt ihr Inneres aus; bei der thierischen Zelle besteht die äußere Hülle aus einer stickstoffhaltigen Substanz und die innere Masse ist, wie es scheint, aus stickstoffhaltigen und stickstofffreien Verbindungen, in verschiedener Proportion gemischt, zusammengesetzt. Selbstverständlich mußten also wohl diese Verbindungen vorhanden sein, ehe sich die ersten Zellen bilden konnten, so nahe auch die Entstehung des Materiales und der Gestaltungsproceß in demselben, ähnlich wie bei der Bildung eines Crystalls aus einer Mutterflüssigkeit, zeitlich neben einander liegen mochten. Wie denn entstanden jene Verbindungen?

Man begegnet gemeiniglich folgendem Schluß: die ternären und quaternären organischen Verbindungen entstehen heutigen Tages nur im pflanzlichen oder thierischen Organismus, d. h. also nur unter Vermittlung eines solchen; weil diese Organismen nun aber eben zur Zeit der ersten Entstehung jener Verbindungen noch nicht vorhanden waren, so konnten sie selbstverständlich auch nicht durch Vermittlung derselben entstehen und es bleibt nichts übrig, als die Annahme, daß sie damals durch einen unmittelbaren Eingriff des Schöpfers, durch ein besonders schöpferisches „Werde" hervorgerufen wurden. Allein dieser Schluß enthält in seinem Vordersatz einmal eine Unrichtigkeit, und andrerseits ist man sich wohl nicht klar darüber geworden, was es denn heißt, die organischen Verbindungen entstehen unter Vermittlung eines pflanzlichen oder thierischen Organismus.

Die Unrichtigkeit anlangend, so erinnern wir an die schon im ersten Vortrage erwähnte folgenschwere Entdeckung *Wöhlers* vom Jahre 1829, den Harnstoff, eine stickstoffhaltige, *natürlich* nur im Thierkörper vorkommende Verbindung ($= C_2 H_4 N_4 O_2$), aus einer unorganischen Verbindung, dem cyansauren Ammoniumoxyd ($\dot{N} H_4 + \dot{C}_2 N$) künstlich, d. h. nur durch Erwärmen derselben darzustellen. Mehre ähnliche Entdeckungen sind dieser ersten schon gefolgt, und es ist deshalb entschieden unrichtig zu behaupten, daß die fraglichen organischen Verbindungen *nur* durch Vermittlung eines pflanzlichen oder thierischen Organismus entstehen. Sie entstehen in dem angeführten Beispiel vielmehr thatsächlich nur in Folge des Zusammentreffens gewisser chemischer und physikalischer Verhältnisse *außerhalb* eines jeden Organismus.

Aber zugegeben auch, sie entständen *nur* durch Vermittlung eines thierischen oder pflanzlichen Organismus oder in einem solchen, was, so frage ich, hat man damit für die Erklärung ihrer Entstehung selbst gewonnen? Thut das Thier als solches, oder thut die Pflanze als solche irgend etwas dazu, daß diese Verbindungen aus den Elementen der Kohlensäure und des Wassers, oder aus den Elementen der Kohlensäure, des Wassers und des Ammoniaks hervorgingen, — denn wir werden später noch hören, daß aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, lauter unorganischen Verbindungen, auch noch heute die stickstoffhaltigen und stickstofffreien Substanzen sich bilden —? Waltet in der Pflanze oder in dem Thier ein besonderer Bildungstrieb, eine besondere Lebenskraft, ein besonderer stoffverbindender Geist, der heutigen Tages die Stelle des supponirten, einstigen, unmittelbaren schöpferischen Eingriffs vertritt?

Es sind noch nicht 20 Jahre verflossen, seit man fast allgemein in den pflanzlichen und thierischen Organismen solche besondere „Bildungskräfte" statuirte. Aber die Schlag auf Schlag folgenden Entdeckungen geistreicher Chemiker und Physiker nahmen diesen supponirten Kräften eine Stütze nach der andern; man hat sie aufgegeben; und was man für ein Erzeugniß dieser damals Alles erklären sollenden Phantasiegebilde ansah, gilt heutigen Tages nur als das Product physikalischer und chemischer, in wunderbarer Verkettung ineinandergreifender Vorgänge. Ueberaus wichtig und gründlich zerstörend war für die Lehre von jenen

Lebens- und Bildungskräften insonderheit die so eben erwähnte Entdeckung Wöhler's; seit jener Zeit schreibt es sich her, daß man die organischen Verbindungen mehr und mehr als ähnlich den unorganischen, nur aus zusammengesetzten statt aus einfachen Radicalen hervorgehend, gebildet betrachtet, und wenn wir uns dessen erinnern, was im ersten Vortrage von Hoffmann's Entdeckung in Betreff der dem Ammoniak ähnlichen Constitution der Pflanzen-Alkaloide bemerkt wurde, so darf ich es hier als Hoffmann's eigene Ansicht wiederholen, daß nicht viele Jahre mehr vergehen dürften, bis wir das bis dahin nur im Pflanzenreich gebildete Chinin künstlich darzustellen vermögen.

Ist also heutigen Tages die Entstehung der organischen Verbindungen — und wir dürfen daran nicht zweifeln — nur Folge des Zusammentreffens einer bestimmten Reihe physikalischer und chemischer Agentien in einem pflanzlichen oder thierischen Organismus, ist sie nur Folge des Zusammentreffens bestimmter chemischer Stoffe und sog. chemischer Kräfte, eines bestimmten Grades von Wärme, von Licht und von dasselbe begleitenden electrischen Strömungen u. s. w., konnte es dann nicht einen Moment in der Schöpfungsgeschichte geben, wo all diese Verhältnisse auch außerhalb jedweden Organismus in einer ähnlichen Weise zusammentrafen? Wir vermögen auch heutigen Tages noch keineswegs die jedesmalige bestimmte Combination von Stoffen und Kräften zu übersehen, welche hier das Pflanzeneiweiß, dort das Gummi oder Zucker oder die Pflanzensäure entstehen läßt; wir befinden uns in dieser Beziehung heutigen Tages in demselben Dunkel, wie am ersten Schöpfungstage. Aber dennoch weisen wir mit Bestimmtheit den Eingriff außergewöhnlicher Kräfte bei ihrer Entstehung zurück und klagen richtig lieber unsere mangelhafte Einsicht an, als daß wir uns zur Annahme jener dunklen Mächte verstehen könnten. Und wir sollten nicht dasselbe für die Entstehung der ersten organischen Verbindungen am ersten Schöpfungstage thun? Wir sollten nicht zugeben, daß die damaligen äußern Bedingungen momentan in einer solchen Weise zusammentrafen, daß ein ähnliches Resultat erfolgen mußte, wie es heutigen Tages täglich und stündlich in der Pflanze oder im Thiere erfolgt? Entweder wir müssen für jede sich bildende organische Verbindung noch heutigen Tages einen directen Eingriff des Schöpfers statuiren, oder

wir müssen einen solchen auch in Betreff der ersten und ursprünglichen Verbindungen dieser Art aufgeben.

In dem ganzen Reiche der Natur findet der Satz seine Bestätigung, daß, je einfacher ein Körper zusammengesetzt ist, desto geringere Abhängigkeit von äußern Bedingungen und Verhältnissen ihm zukommt. Wohlan denn! Die unorganischen Verbindungen stellen sich auch jetzt noch überall unter gegen damals sehr veränderten Bedingungen aus den einfachen Elementen nach unwandelbaren Gesetzen her; die organischen aber thun es nicht mehr, weil die äußern Bedingungen jetzt andre sind und weil sie von diesen abhängiger sind, als jene. Nur im Pflanzen- oder Thierorganismus oder nur mit künstlicher Beihülfe treffen die Bedingungen auch heutigen Tages noch so zusammen, daß jene Verbindungen aus elementaren unorganischen Stoffen hervorgehen. — Die unorganischen Verbindungen, die Salze, die so wesentlich sind für die Entwicklung der Pflanze, die beim Verbrennen derselben ihre Asche bilden, waren damals bereits vorhanden; Wasser, Kohlensäure und Stickstoff, als die elementaren Bestandtheile der ternären und quaternären Verbindungen waren es ebenfalls; an Wärme fehlte es sicher nicht. Wenn wir aber mit Bestimmtheit wissen, daß der Einfluß des Lichtes, sei es direct oder indirect, durch Erregung electrischer Strömungen*) noch heutigen Tages für die Herstellung der ternären und quaternären Verbindungen von der größten Bedeutung ist, mußte dann nicht der erste Lichtstrahl, der in jener Zeit die bis dahin wassergeschwängerte, dichte Atmosphäre durchbrach, mächtige Ereignisse im Gebiete der unorganischen Welt zur Folge haben? Gleich einem electrischen Schlage mußte er auf die Stoffe wirken; ja man darf versucht sein, diesen ersten belebenden Lichtstrahl als die eigentliche causa movens für die Entstehung der ersten organischen Verbindungen eben so zu betrachten, wie er noch heutigen Tages die Hauptursache der Entstehung dieser Verbindungen ist. „Das Licht und die von diesem unzertrennliche Wärme," sagt Alexander v. Humboldt, „sind für die nicht selbstleuchtenden Weltkörper eine Hauptursache aller Bewegung und alles organischen Lebens. Selbst fern von der Oberfläche im Innern der Erd-

*) S. Kosmos III. pag. 44.

rinde, ruft die eindringende Wärme electro-magnetische Strömungen hervor, welche auf Stoffverbindungen uud Stoffzersetzungen, auf alle gestaltende Thätigkeit im Mineralreich, auf die Störung des Gleichgewichtes in der Atmosphäre, wie auf die Functionen vegetabilischer und animalischer Organismen ihren anregenden Einfluß ausüben." Mehr und mehr erkennt man in neuerer Zeit die enorme Bedeutung electrischer Strömungen, die jeden Lichtstrahl zu begleiten scheinen, für die Lebensprocesse im Thier- und Pflanzenreich; die ganze Thätigkeit unseres Nervensystems scheint sich nach du Bois-Reymond's Untersuchungen in der That als eine electrische Kraft auffassen zu lassen; der Eingriff dieser Thätigkeit in die Metamorphose des Stoffs im thierischen Organismus ist ebenfalls erwiesen. Sollen wir danach noch an der eminenten Bedeutung zweifeln, welche der erste die Erde treffende Lichtstrahl auf die Herstellung neuer Stoffverbindungen haben mußte? Kamen mit ihm nicht plötzlich ganz neue Kräfte zum Angriff?

In der That, die heutige Entstehung einer stickstoffhaltigen oder stickstofffreien (quaternären oder ternären) Verbindung ist um nichts weniger räthselhaft, als die Entstehung jener ersten Verbindungen dieser Art. Sie werden damals eben so entstanden sein, wie heute, aus Kohlensäure, Wasser und Stickstoff, nur mit dem Unterschiede, daß, was heute nur durch künstliche Combination von Kräften oder nur durch Vermittlung des pflanzlichen und thierischen Organismus entstehen kann, damals ohne einen solchen entstand. Nur eine oder wenige stickstoffhaltige Verbindungen und nur eine oder wenige stickstofffreie brauchten sich ja zu bilden, wenn das Material zur Pflanzen- und Thierzelle vorhanden sein sollte; ich bin fern davon anzunehmen, daß sich auch all jene Stoffe, die wir durch allmählige Metamorphosen einer einzelnen Verbindung in der Pflanze oder dem Thier entstehen sehen, außerhalb eines Organismus erzeugt haben; für jene wenigen finden wir aber am ersten Schöpfungstage eben so wenig oder eben so viel Schwierigkeiten, wie heutigen Tages für die Erklärung der Oxalsäure- und Pflanzeneiweiß-Entstehung in der jungen Pflanze selbst. Es will scheinen, als ob dem sich aus den noch ungeformten Stoffen weiterhin entwickelnden Organismus die Absicht zu Grunde gelegen habe ünd noch heutigen Tages zu Grunde liegt, eine jedesmal bestimmte stoffbildende Combi-

nation verschiedener chemischer und physikalischer Kräfte herzustellen, um damit den Typus der Art oder Gattung zu conserviren, eine Combination, die damals, und zwar nur momentan, auch außerhalb des Organismus existirte, jetzt aber, so weit unsre Kenntnisse reichen, für die meisten Stoffe nur im Organismus selbst gegeben ist.

Doch gesetzt, wir wollten abstrahiren von einer solchen naturgemäßen Erklärungsweise der ersten Entstehung organischer Verbindungen, wohin werden wir gedrängt? Nur zu der Annahme, daß diese Stoffe, oder die Pflanzen- und Thierzellen, oder selbst Bäume und Thiere von Ungefähr in die Welt hineingekommen, oder daß die Zellen und Lebenskeime, wie Schöller in seiner jüngst erschienenen phantastisch-prophetischen Embryogeologie*) sagt, aus der Tiefe des Erdinnern auf die Oberfläche der Erdkugel gelangt seien. Solche Annahme widerstreitet allen naturwissenschaftlichen Anschauungen zu sehr, als daß ich dabei nur einen Augenblick verharren könnte, und indem ich einen solchen willkürlichen Schöpfungsact anzunehmen mich nicht verstehen kann, glaube ich der Größe des Schöpfers nicht nur nichts zu entnehmen, ich erkenne vielmehr in der unendlichen Weisheit und wunderbaren Voraussicht, mit welcher Alles der Art angelegt und geordnet war, daß endlich die heutige Welt entstehen mußte, diejenige Größe des Schöpfers, der wir unsere Anbetung und Ehrfurcht zollen. —

Wir gelangen zur zweiten Frage: Wie, so lautet sie, entstanden aus den organischen (ternären und quaternären) und unorganischen Verbindungen die ersten lebensfähigen oder mit Leben begabten pflanzlichen und thierischen Zellen? Wie die ersten Pflanzen und Thiere selbst?

Zur Beantwortung dieser Frage müssen wir etwas weiter ausholen. Es sind noch nicht gar viele Jahre verflossen, seit man glaubte, es könne Fische und Frösche regnen, und in der That findet man noch heutigen Tages z. B. in Otahaiti in der Regenzeit in Felsenklüften, die das ganze Jahr hindurch trocken sind, Tümpel, die sich mit Süßwasserfischen beleben; in der Schweiz finden sich ähnliche Verhältnisse u. a. O. Man nahm damals an, und Mancher glaubt jetzt noch daran, daß diese

*) Dr. Theodor Schöller: Embryologische Geologie. 1. Lieferung. 1854.

Thiere da, wo sie in so räthselhafter Weise erscheinen, neu und ursprünglich, d. h. ohne jede Zuthat eines elterlichen Organismus entstanden seien. Man sagte, sie seien durch eine Urzeugung, eine generatio aequivoca, entstanden. Nachdem man aber entdeckt, daß Wind und Wasser die Eier dieser Thiere, nicht anders als die Saamen der Pflanzen, meilenweit fortzuführen vermögen, hat man jene Vermuthung aufgegeben. Wo Fische und Frösche und andre Thiere in dieser Weise vorkommen, steht man nicht mehr an, ihre Entstehung aus verschleppten Eiern herzuleiten; und überall, wo diese die Bedingungen zu ihrer Entwicklung vorfinden, werden sie sich eben auch nach dem Typus der Eltern entwickeln. So erlitt die Lehre von der Generatio aequivoca ihre erste Einschränkung. Allein alsbald sollte sie scheinbar eine neue Stütze erfahren. Man entdeckte mit Hülfe des Microscops die sog. Infusionsthierchen; man sah, daß sich diese Thierchen zu Tausenden in einzelnen Tropfen Wassers fanden, daß sie sich zu Millionen in Flüssigkeiten bildeten, die eiweißartige oder andre organische Verbindungen enthielten und die man bei einer geeigneten Temperatur, wenn auch noch so fest verschlossen, stehen ließ. Diese Thierchen, so dachte man, müssen doch durch eine generatio aequivoca entstehen. Allein es stellte sich alsbald heraus, daß man das Phaenomen durchaus nicht beherrschen könne; die gleichartigsten Infusionen, ganz gleichartig behandelt, lieferten die verschiedensten Thierchen und die verschiedensten Infusionen, verschieden behandelt, ebenso oft dieselben Organismen. Das schon ließ gerechte Zweifel an der Richtigkeit der obigen Annahme aufkommen. Da trat Ehrenberg mit seinen weltbekannten Untersuchungen über die Infusionsthiere auf und fortan war fast jeder Glaube an die generatio aequivoca derselben beseitigt. Ehrenberg wies nach, daß viele dieser Thierchen sich durch im Innern derselben gebildete Keime fortpflanzen; andere dagegen sich durch Theilung in unglaublicher Menge rasch vermehren. Er beobachtete u. A. ein Räderthier, Hydatina senta; dasselbe vermehrt sich durch Theilung in einem Tage 4 Mal, jede der neu entstandenen Hydatinen vermehrt sich am nächsten Tage wieder 4 Mal; es existiren jetzt 16, am dritten Tage hat man 64, und in 10 Tagen eine Million! Manche Infusorien vermehren sich noch rascher. Eine Bacillarie oder Vorticelle theilt sich in einer Stunde in

zwei, nach einer andern Stunde theilt sie sich noch einmal, nach drei Stunden hat man 4, nach fünf Stunden 8, nach sieben Stunden 16, nach vierundzwanzig Stunden 4096, in achtundvierzig Stunden 8 Millionen und in vier Tagen 140 Billionen! Daraus wird es begreiflich, daß, wie Ehrenberg uns lehrt, die Kalk- und Kieselerde der Lüneburger Haide, die oft Lager von 28 Fuß Mächtigkeit hat, fast ganz aus den Panzern solcher Infusorien besteht, daß der Biliner Polirschiefer fast ganz aus den Panzern von Gallionellen, deren 41000 Millionen erst einen Cubikzoll Stein bilden, zusammengesetzt ist; aber solchen Beobachtungen gegenüber wird man auch schwerlich noch die generatio aequivoca der Infusorien vertheidigen können. Die Luft, das Wasser, alle möglichen andern Stoffe enthalten immer, wie durch sichere Beobachtung erwiesen, solche Infusionsthiere oder deren Eier; keine Infusion, die man bereitet, wird frei davon bleiben können; und kam auch nur ein einziges Thier oder ein Keim in dieselbe hinein, findet es den geeigneten Boden für seine Entwicklung, so wird es sich mit der angedeuteten Schnelligkeit vermehren. Aber es blieb noch ein andrer Punkt der generatio aequivoca günstig. In den Körpern, im Auge, Blut, Darmkanal u. s. w. von Thieren finden sich oft kleinere Thiere eingeschlossen; eine bekannte Kinderkrankheit beruht auf dem Vorhandensein dieser Entozoën; die gefürchtete Drehkrankheit der Schaafe ist bedingt durch das Vorhandensein eines solchen Thieres im Gehirn derselben. Mußten sie nicht spontan im Körper, der sie einschließt, entstanden sein? Man hat lange diese Ansicht festgehalten. Aber Dank den Studien Eschricht's, Küchenmeister's, Leuckart's u. A. ist endlich auch diese Stütze jener fortdauernden Urzeugungs-Lehre gesunken. Die merkwürdigen Metamorphosen und Lebensverhältnisse dieser Thiere haben eine lichtvolle Erklärung der Thatsachen herbeigeführt, und es ist nachgewiesen, daß immer Eier oder Keime dieser Thiere selbst in den Organismus hineingelangen, sich hier, wenn sie den ihnen zusagenden Boden finden, fortentwickeln und nun durch die Organe hindurch vermöge ihrer eignen Organe eine Wanderung antreten, um sich in irgend einem Organe festzusetzen. Das muß hier genügen; der Raum erlaubt mir nicht, diesen für den Naturforscher so überaus interessanten Gegenstand hier weiter zu verfolgen. Sei es genug zu wissen, daß mit diesen

Entdeckungen die letzten Stützen einer generatio aequivoca gefallen sind. Und wenn auch für einige Arten niederster Thiere, wie z. B. die Rhizopoden, die Art der Fortpflanzung noch nicht bestimmt ermittelt ist, eine Urzeugung, eine ursprüngliche Entstehung von thierischen Organismen aus unorganisirtem, todtem Stoff scheint heutigen Tages nicht mehr vorzukommen. — Alle jetzt lebenden Thiere stammen von einem Elternpaare oder entwickeln sich durch Theilung oder Sprossenbildung, und als der Anfang eines jeden einzelnen ist die einfache aus Kern, Inhalt und Hülle bestehende, microscopische Zelle zu betrachten.

In der Pflanzenwelt ist es im Wesentlichen nicht anders. Alle Pflanzen pflanzen sich entweder durch Theilung oder durch Sprossenbildung, oder durch endogene Zellenbildung oder durch Saamen fort. Nur eine Erscheinung scheint in der That auf einer Urzeugung aus dem todten Stoff zu beruhen; es ist die Bildung der Gährungspilze, der sog. Hefe. Diese Zellenreihen bilden sich immer, wenn man eine stickstoffhaltige Flüssigkeit, die zugleich Zucker oder einen ähnlichen stickstofffreien Stoff und gewisse mineralische Bestandtheile enthält, bei einer gewissen Temperatur hinstellt und sich selbst überläßt. —

Der heutige Stand der Naturwissenschaft lehrt uns also Folgendes: Alle Thiere und Pflanzen entstehen aus einzelnen Zellen; die Entstehung dieser Zellen ist aber, mit Ausnahme der Gährungspilze, an die Gegenwart eines mütterlichen Organismus gebunden.

Nun aber frage ich auch hier wieder: Was hat man denn für die Erklärung der die Fortpflanzung bedingenden Zellenbildung heutigen Tages gewonnen, wenn man sagt, sie ist von der Gegenwart eines mütterlichen Organismus abhängig? Betrachten wir das Phaenomen der Zellenbildung genauer, so finden wir, daß sich entweder in einer freien Mischung stickstoffhaltiger, stickstofffreier und anorganischer Verbindungen oder in einer solchen, in einer Zelle eingeschlossenen Mischung anfänglich kleine Kerne bilden und sich um diese herum dann stickstoffhaltige und stickstofffreie Molecule, wie um einen Centralpunkt, ablagern, um endlich durch Attraction bis zu einem gewissen Grade verdichtet, eine sich nach und nach von dem Kern abhebende und sich ausdehnende Zellhaut oder Zellenmembran zu bilden. Molecularattraction, Kernbildung und Verdichtung der Molecule um den Kern herum sind das

Wesentliche der Zellenbildung. — Warum denn aber entsteht der Zellenkern und weiterhin die Zelle in der bildenden Flüssigkeit, welches ist die causa movens der Zellenbildung? Auch für diese Bildung hat man Jahre lang bestimmte Lebens- oder Bildungskräfte statuirt; ja noch heute sind Viele von der Annahme dieser dienenden Weltgeister nicht frei. Aber die Wissenschaft hat über sie entschieden. Der von Anfang an vorhandene Stoff ist unzertrennlich von seinen ihm von Urbeginn innewohnenden physikalischen und chemischen Kräften. Diese, nicht aber jene sind es, die die Bildung des Crystalls, wie die Bildung der Zelle aus ungeformtem todten Stoff bedingen. Und ob wir auch in tausend Fällen noch nicht die Combination der bei der einzelnen Formbildung in Frage kommenden Kräfte kennen, klagen wir wieder unsre mangelhafte Einsicht, unsre Kurzsichtigkeit an, aber greifen wir nicht zu Erklärungsprincipien, die in der Phantasie ihren Ursprung haben. —

Geistreich stellte Theodor Schwann, der Schöpfer der Lehre von der Zellennatur der Pflanzen und Thiere, den Satz auf, daß die Zelle der Crystall organischer Flüssigkeiten sei; daß sich die Zelle zu organischen Mutterflüssigkeiten eben so verhalte, wie der Crystall zu den unorganischen. An dieser Paralelle ist Vieles auszusetzen; die Zelle hat keine Flächen und Winkel, organische Verbindungen, wie z. B. einige Blutbestandtheile crystallisiren, ohne doch damit eine Zelle zu bilden u. s. w. Im Grunde ist der Gedanke aber dennoch treffend, und wenn uns u. A. einer der tüchtigsten Forscher auf diesem Gebiete, Prof. Kölliker in Würzburg sagt: „der Grund der Zellenbildung ist in besondern, noch „unbekannten, bei der Bildung der Organismen wirksamen Combina„tionen der Naturkräfte zu suchen, und behufs seiner Erforschung hat „man das ganze Augenmerk auf die sog. Molecularkräfte der organischen „Formen, vor allem auch auf die an den Zellen gewiß ebenso, wie an „deren Derivatis, den Nervenröhren und Muskelfasern, vorkommenden „electrischen Erscheinungen zu richten," so verweist er doch die Lehre von der Zellenbildung eben dahin, wohin die Lehre von der Crystallbildung gehört, d. h. in das Gebiet der Chemie und Physik.

Haben wir diesem nach mit dem Rückgriff auf einen mütterlichen Organismus im Wesentlichen etwas für die Erklärung der Zellenbildung geleistet? Meiner Ansicht nach nicht. Die Zellbildung selbst ist

auch in dem mütterlichen Organismus immer die Wirkung chemisch-physikalischer Kräfte, und wie wir oben dem Organismus nur die Bedeutung eines Apparates zuschrieben, der jedesmal eine bestimmte Combination der Naturkräfte bedinge, um diese oder jene quaternären und ternären Verbindungen zu erzeugen, so schreibe ich auch hier dem Organismus als solchem die gleiche Bedeutung zu. Den pflanzlichen, wie thierischen Organismus können wir als einen Apparat betrachten, durch den je nachdem die verschiedensten Combinationen der Naturkräfte ermöglicht werden; die Zellenbildung ist eins der endlichen Resultate dieser combinirt wirkenden Kräfte, und die Zellen der verschiedenen Pflanzen- und Thierspecies werden danach in ihrem innern Wesen ebenso verschieden ausfallen, als die Combinationen der Kräfte selbst waren. Das ist dann der Weg, auf dem die Erhaltung der Gattungen und Arten ermöglicht wird.

Wenn wir nun aber bei der Zellenbildung, und wir dürfen es mit vollem Recht, noch heutigen Tages von allen außergewöhnlichen Kräften abstrahiren, wenn wir in dem einzelnen Organismus nur alle Bedingungen der Art vereinigt finden, daß die Zelle mit Nothwendigkeit daraus hervorgehen muß, liegt es dann so fern zu vermuthen, daß es einen Tag oder eine Zeit in der Schöpfungsgeschichte gab, wo all diese Bedingungen auch außerhalb eines Organismus zusammentrafen, ebenso wie sie noch heute bei der Entstehung der Gährungspilze außerhalb jedes Organismus gegeben sind? Ich kann mich der Ansicht nicht erwehren, daß die ersten Zellen ebenso entstanden sind, wie die noch täglich heutigen Tages sich bildenden, nur wieder mit dem Unterschiede, daß damals die dazu erforderlichen Bedingungen außerhalb irgend welchen Organismus lagen, während sie heutigen Tages fast durchgehends nur in diesem in der nothwendigen Combination zusammentreffen. E i n e generatio aequivoca, e i n e ursprüngliche Entstehung von Zellen aus bildungsfähigem Stoff m u ß stattgefunden haben; aber der Vorgang derselben ist eben so leicht, oder vielmehr eben so schwierig zu erklären, wie die Bildung der Zellen in einem mütterlichen Organismus heutigen Tages. Beide Vorgänge, die erste generatio aequivoca und die heutigen Tages zu beobachtende Zellenbildung in mütterlichen pflanzlichen oder thierischen Organismus sind an sich dieselben; sie sind die

Resultanten bestimmter Combinationen von Anbeginn an waltender Naturkräfte. Wurde aber schon oben der bei der Zellenbildung ohne Frage in's Spiel kommenden electrischen Kräfte erwähnt, so wollen wir uns auch hier wieder jenes ersten Leben spendenden Lichtstrahls und der denselben begleitenden elektrischen Strömungen erinnern. Sie waren für die ersten Gestaltungsprocesse der Materie gewiß von größter Bedeutung und dürfen nicht nur als Bedingung der Zellenentstehung überhaupt, sondern vielleicht auch als Ursache der verschiedenen Entwickelungsfähigkeit der ersten Lebensformen in Anschlag gebracht werden.

Gesetzt aber auch hier wieder, die ersten Zellen hätten sich nicht in dieser naturgemäßen Weise entwickelt, wohin werden wir wieder gedrängt? Nur zu der Annahme, daß die ersten Zellen der Pflanzen und Thiere von Ungefähr und fertig auf die Erde herniedergeregnet seien. Sollte noch Jemand, nach Allem, was wir über die Erdbildung gehört haben, eine solche naturwidrige Annahme vertheidigen wollen? Mir ist auch hier wieder die Möglichkeit der Reduction eines wunderbaren und unserer Vorstellungskraft fast unzugänglichen Naturvorganges auf die von Anbeginn an waltenden physikalischen und chemischen Naturkräfte ein Antrieb zur Bewunderung der erhabenen Weisheit des Schöpfers, nicht aber sehe ich darin die geringste Verkleinerung seiner Allmacht.

Doch wir sind uns noch Rede und Antwort auf eine andre Frage schuldig. Ich nehme an, man concedirt die Zellenbildung als Effekt chemisch-physikalischer Kräfte. Wie, so wird man fragen, kam denn jene Bewegung in sie hinein, die wir mit dem Ausdruck des Lebens bezeichnen? Wie kam es, daß sich die Zellen einmal zur Pflanze, andrerseits zum Thiere entwickelten?

Auch hier noch läßt sich an dem bisherigen Standpunkte festhalten. Wir nahmen an, daß zunächst, in Folge einer bestimmten Combination der Naturkräfte, aus Wasser, Kohlensäure und Stickstoff ternäre und quaternäre Verbindungen hervorgegangen seien und daß diese, in Verbindung mit unorganischen Bestandtheilen des Erdbodens, wahrscheinlich mit Beihülfe einer electrischen Erregung, einen ersten Gestaltungsproceß erfuhren, d. h. Zellen bildeten. Auf beiden Seiten konnten aber selbstverständlich die Integralen des Bildungsvorganges verschieden sein. Die

Materie konnte einmal eine verschiedene Zusammensetzung haben, die electrische Erregung, um diesen Ausdruck beizubehalten, konnte andrerseits, entsprechend der sich erst nach und nach lichtenden, den Erdball umgebenden Dunsthülle, eine verschiedene Intensität besitzen. Darnach mußten auch nothwendiger Weise Zellen mit verschiedenartiger Entwicklungsfähigkeit entstehen. War damit aber nicht auch, ganz wie heutigen Tages, Alles gegeben, was zur Entwicklung der Pflanzen einer-, des Thieres andrerseits erforderlich war?

Zwischen den niedrigsten Thieren und Pflanzen existirt, so weit die Untersuchungen heutigen Tages reichen, keine scharfe Gränze; weder in der Substanz, noch in der Form noch in der Function lassen sich durchgreifende Unterschiede entdecken; ja es giebt Lebensformen, welche man bald zu den Thieren, bald zu den Pflanzen zählt. Es handelt sich hier meistens um sehr einfache, nur aus einzelnen Zellen bestehende Organismen, an denen verschiedene Bewegungserscheinungen zur Beobachtung kommen; und mag auch späterhin eine genauere Erkenntniß der Ernährungsvorgänge und des Stoffwechsels derselben charakteristische Unterschiede auffinden lassen — (die Pflanzen ernähren sich von unorganischen Verbindungen, die Thiere können ohne organische nicht leben; die Pflanzen exhaliren Kohlensäure und Sauerstoff, die Thiere nur Kohlensäure) — so braucht von ihnen hier doch nicht die Rede zu sein. Wenn C. Schmidt*) sagt: der einzige rationelle Unterschied, den wir zwischen Pflanze und Thier machen können, sei der, daß wir dort ein Massendifferential und eine Formel (Zelle), beim Thiere dagegen deren zwei (Zelle plus Seelenatom) haben, so liegt darin, wie schon Virchow bemerkt hat, eine Inconsequenz. Schreibt man den niedersten Thieren eine Seele zu, so ist man inconsequent, wenn man eine solche nicht auch für die Pflanzen statuirt, und in der That läßt sich an einer, nur aus einem schleimig-eiweißartigen Kügelchen bestehenden und verschiedene Formen annehmenden Amoeba eben so viel oder eben so wenig Seelisches wahrnehmen, als an einer Mimosa pudica oder andern, auffallende Bewegungserscheinungen darbietenden

---

*) Zur vergleichenden Physiologie der wirbellosen Thiere. Braunschweig 1845. pag. 78.

Pflanzen. Die hier zur Beobachtung kommenden Lebenserscheinungen lassen sich ohne Zweifel sämmtlich auf eine Reihe physikalisch-chemischer Vorgänge an einem sehr wenig differenziirten Material zurückführen. Sobald wir aber einen Schritt weiter gehen in der Thierreihe, treten uns charakteristische Unterscheidungsmerkmale zwischen Pflanze und Thier entgegen und unter diesen steht allen übrigen die willkürliche Bewegung, die oft genug freilich wohl nur als einfache Reflexerscheinung aufzufassen ist, voran. Diese willkürliche Bewegung ist abhängig von dem Vorhandensein einer Nervensubstanz, hie und da vielleicht nur eines Nervenatoms; sie ist bei den niedern Thieren der erste Schimmer einer geistigen Action, die sich in den höhern Thieren dann, entsprechend der Nervensubstanz, immer höher und höher entwickelt. Was nun aber befähigt die ursprünglichen oder Urzellen zur Entwicklung einer solchen Nervensubstanz mit geistiger Action? War und ist sie Folge eines besondern schöpferischen Willenaktes, eines besondern schöpferischen Werde? Wurde und wird die geistige Action dem mit der Nervensubstanz versehenen Thiere, um es hart auszudrücken, besonders eingeblasen? Wir können in Bezug auf sie nur an das erinnern, was Huschke in seinem trefflichen, jüngst erschienenen Werke „Schädel, Gehirn und Seele" sagt: „daß sich die geistige Action zur Nervensubstanz ähnlich verhält, wie die Farbe zu den Lichtwellen;" wie diese in ihrer verschiedenen Zahl von Schwingungen verschiedene Farben hervorzubringen bestimmt waren, so waren die Schwingungen oder Bewegungen der Nervenfasern zur Vermittlung geistiger Thätigkeit bestimmt. Was aber die höhere oder geringere Entwicklung der Nervensubstanz selbst, so wie ihre Entwicklung überhaupt anbetrifft, so läßt sie sich sicher, gegenüber den sich zu Pflanzen oder niedrigsten Thierformen entwickelnden Zellen, ungezwungen auf eine Verschiedenheit des Bildungs-Materials oder auch auf eine verschiedene Intensität der die Bildung der Zelle bedingenden oder begleitenden electrischen Erregung der Materie zurückführen. Es handelt sich hier nur um eine höhere Differenziirung eines im Wesentlichen ähnlichen oder gleichen, d. h. stickstoffhaltige, stickstofffreie und unorganische Verbindungen enthaltenden Materiales, und die Erfahrungen der Gegenwart sind dieser Anschauung günstig. Die Verschiedenartigkeit der Keimzellen (Eier) der verschiedenen Thiere in Bezug auf die sie

bildende Materie, ist ein sicheres Ergebniß der physiologisch-chemischen Forschung; der hochbedeutsame Einfluß ungleicher (electrischer?) Erregung der Keimzellen läßt sich mit großer Wahrscheinlichkeit aus Beobachtungen der Abkömmlinge verschieden constituirter oder auch derselben Elternpaare erschließen. Wenn uns unter den gegenwärtigen, stets gleichbleibenden allgemeinen kosmischen Verhältnissen Verschiedenheiten in der Entwicklung des Gehirns des Menschen entgegentreten, groß genug, um dort dem Idiotismus, hier der größten Intelligenz die Grundlage zu geben, so darf uns sicher die verschiedenartige Entwicklung der ursprünglichen und ersten Keimzellen bei sich stetig und in großartigster Weise verändernden allgemeinen, kosmischen Verhältnissen nicht Wunder nehmen. Aus einzelnen Zellen gehen heutigen Tages alle Organismen hervor; die ersten und ursprünglichen sind aller Wahrscheinlichkeit ebenfalls aus einzelnen Zellen hervorgegangen. Eine verschiedene Erregung der materiell verschiedenen Zellen war, so vermuthen wir, die Ursache ihrer verschiedenen Entwicklungsfähigkeit und Entwicklung selbst. Die mannigfachen Uebergangsformen zwischen Pflanzen und Thieren dürfen vielleicht nicht mit Unrecht als ein Beweis betrachtet werden, daß es sich hier nicht um bestimmte abgeschnittene schöpferische Akte, sondern um die allmählige Entfaltung eines mit unendlicher Weisheit und Voraussicht angelegten Planes handelt. Tausende von Lebensformen entstanden, wie die Palaeontologie uns lehrt, nur um wieder zu vergehen; den tausendfältig sich ändernden Lebensbedingungen der Vorwelt entsprechen die Lebensformen derselben eben so, wie die sich gleichbleibenden der Gegenwart den sich wahrnehmbar nicht verändernden Lebensbedingungen unserer Zeit.

Was nun aber das Leben selbst, d. h. jene Bewegungserscheinungen der Organismen, die wir mit diesem Ausdruck bezeichnen, betrifft, so war dasselbe mit der ersten Zellenbildung auch sofort gegeben; bei der Pflanzenzelle einfach durch die Beziehung derselben zu der sie umgebenden Welt, deren Stoffen und Kräften; bei der Thierzelle durch dasselbe Verhältniß, nur mit dem Unterschiede, daß sich hier durch das sich allmählig immer höher differenziirende Material ein die geistige Thätigkeit vermittelndes Organ herausbildete, welches als solches nicht ohne Einfluß auf die Lebenserscheinungen des einzelnen thierischen

Organismus blieb. Das Leben stellt in der Pflanze weiter nichts dar, als eine Reihe vielfach verschlungener und wunderbar combinirter physikalisch-chemischer Vorgänge; in dem Thiere ist das Gleiche der Fall, nur kommt hier zu der Menge dieser physikalisch-chemischen Vorgänge die dem Nervensystem adhaerirende geistige Thätigkeit, die einmal jene Vorgänge influencirt, andrerseits von jenen, als den Lebensbedingungen des Nervensystems, abhängig ist. — Die niedersten Pflanzen und Thiere bestehen nur aus einzelnen Zellen; wir nennen das an ihnen zur Erscheinung kommende Leben „ein geringes," und es ist in der That ein solches, weil diese einfachen Zellen der äußern Welt nur wenig Angriffspunkte darbieten. Wenn wir aber erwägen, daß jeder Baum, wie jedes Thier aus einer einfachen Zelle dadurch hervorgeht, daß sich die erste Zelle einmal und wieder und immer wieder bis zu Millionen und Billionen theilt oder verdoppelt, wenn jede dieser Zellen selbstverständlich wieder ihr eigenes Leben hat, so wird es begreiflich sein, daß je höher das Thier entwickelt ist, desto größer auch das aus dem Zusammenwirken dieser Millionen von Zellen resultirende Leben sein muß. Dieses Zusammenwirken der Zellen gegenüber den sie beständig angreifenden Naturkräften bedingt eben auch das thierische Leben; seine einzelnen und verschiedenen Erscheinungsformen und Aeußerungen hängen ab von der Anordnung der einzelnen Zellencomplexe oder Organe, und diese letztere ist wieder geregelt durch die bei der Entstehung des Thieres concurrirenden materiellen und immateriellen Kräfte. Die Fortentwicklung aber der ersten Zellen selbst, deren eben erwähnte tausendfach und aber tausendfach wiederholte Theilung oder Verdopplung, verdankt ihre Realisation wahrscheinlich keiner andern Combination von Naturkräften, als derjenigen, welche die Bildung der ersten Zelle bedingte. Molecularattraction, Kernbildung und Verdichtung der Bildungsmaterie um den Kern herum sind auch hier die Erscheinungen jeder Zellenbildung. Erinnern wir uns dabei, daß noch heutigen Tages das Sonnenlicht von der höchsten Bedeutung für die Fortentwicklung der Pflanzenzelle — das Vorhandensein des Bildungsmateriales in hinreichender Menge vorausgesetzt — ist, so dürfen wir auch vermuthen, daß dasselbe einen gleichen Einfluß auf die Fortentwicklung der ersten Pflanzenzellen hatte; und was die Fortentwicklung der ersten Thierzellen anbetrifft, so müssen

wir, wie bei der Zellenbildung in der Gegenwart, so auch bei ihnen an eine Mitwirkung electrischer Kräfte denken. Nicht mit Unrecht beginnt man (Baumgärtner*) vielleicht, das Ereigniß der Zellentheilung (der Dotterklüftung) als eine Polaritätserscheinung aufzufassen.

Wir sagten soeben, daß die Anordnung der einzelnen Zellencomplexe oder Organe geregelt sei durch die bei der Entstehung des Thieres (und der Pflanze) concurrirenden materiellen und immateriellen Kräfte. Ist dieser Ausspruch in Bezug auf das Thier auch noch ein rein hypothetischer, so scheint er doch den Vorzug zu verdienen vor der scheinbar sehr natürlichen frühern Annahme einer besondern dirigirenden Bildungskraft, die wir ein für allemal als ein Phantasiegebilde bezeichnen zu müssen glauben. Die Erblichkeit kleinster Eigenthümlichkeiten oder Abnormitäten eines Organismus, die Erblichkeit des Typus der Gattung oder Art weist uns hier auf bestimmte, gegebene Verhältnisse hin, die wir uns nur wegen ihrer unendlich zarten Anlage in den einzelnen Keimzellen kaum vorzustellen, geschweige denn durch die Untersuchung klar zu machen vermögen. Diese Verhältnisse, d. h. diese bestimmte Combination von Stoffen und die an ihnen zur Wirkung kommenden Kräfte bedingen, wie wir vermuthen, eine ganz bestimmte Entwicklungsgeschichte, d. h. Reihenfolge und Gränze der einzelnen Entwicklungsphasen des einzelnen Organismus. Schrieb man es denn früher nicht auch einer ganz besondern schöpferischen Bildungskraft zu, daß die sich aus dem Saamen entwickelnde Pflanze ihre Wurzel nach unten in die Erde, und ihren Stamm nach oben sende? Und doch haben Knight**) und neuerdings Wigand,***) nach experimenteller Prüfung, sinnreich und zweifellos richtig diese Erscheinung als Gravitationserscheinung an einem sich entwickelnden Organismus, d. h. als eine durch die Schwerkraft bedingte gedeutet. Ganz ähnlich dürften sich denn auch die in der Entwicklung des thierischen Organismus zu beobachtenden thatsächlichen

---

*) Prof. Baumgärtner: Nähere Begründung von der Lehre der Embryonalanlage durch Keimspaltungen und den Polarisationen der organischen Körper. Stuttgardt 1854.

**) Knight: Philosophical transactions 1806.

***) Dr. Alb. Wigand in Marburg: Botanische Untersuchungen. Braunschweig 1854.

Erscheinungen als die wunderbaren Resultate physikalischer und chemischer Kräfte wenn nicht schon deuten, doch vermuthend bezeichnen lassen. —

So weit dürften uns Physik und Chemie vielleicht mit der Zeit zureichende Erklärungsgründe für die Entstehung der Organismen, deren Entwicklung und deren Lebenserscheinungen darbieten. Aber eine gewisse Reihe von Erscheinungen ist damit noch nicht gedeckt. Was giebt uns unsern freien Willen? Was giebt uns unser Selbstbewußtsein? Was läßt uns mit mächtiger Bestimmtheit eine gewisse Beziehung unsrer selbst zu jener übersinnlichen Macht ahnen, zu deren Erkenntniß und Liebe die Naturforschung wohl nur diejenigen nicht hinführt, die man mit Recht der Kurzsichtigkeit oder einer das menschliche Wissen und Können überschätzenden Beschränktheit zeihen darf? Die Physiologie lehrt uns mit aller Bestimmtheit, daß das Gehirn der Sitz und das Werkzeug unserer Ueberlegungen und Sinnesempfindungen ist. Nehmen wir einem Thiere das Gehirn weg, so lebt es fort; es athmet, es verdaut die ihm in den Mund gebrachten Speisen, sein Herz pulsirt fort; aber es sieht nicht, es hört nicht, es fühlt nicht, es denkt nicht. Durchaus dasselbe findet Statt bei dem Menschen, dessen Gehirn durch Krankheit gelähmt oder zerstört ist. Wir kennen nicht den Zusammenhang zwischen geistiger Thätigkeit und Gehirn; trefflich nur vergleicht ihn H u s c h k e, wie schon erwähnt, dem Zusammenhang von Licht und Farbe; wie diese nicht ohne Aetherschwingungen, so ist auch jene nicht ohne Hirnfaser vorhanden; „wie die Farbe zu den Aetherschwingungen," sagt H u s c h k e, „so verhält sich der Gedanke zu den electrischen Schwingungen der Hirnfasern." Doch wie dem auch sei, jene Gefühlswelt, jene Geistesthätigkeit, daran läßt die Physiologie keinen Zweifel, stirbt mit dem Gehirn. Aber dieser Geist, so scheint es, ist verschieden von dem, was wir S e e l e nennen. Die Seele, — und auch hierin möchte ich im Allgemeinen der Darstellung H u s c h k e's folgen — erscheint als das Göttliche in uns, was, untrennbar mit allem Sein verbunden, in uns eben so waltet, wie in jedem Theile des Weltalls. Und diese Seele stirbt nicht Sie ist das Unsterbliche in uns. Ein Theil der einen großen Weltseele, die wir als Gott, als eine im Universum waltende Macht verehren, kehrt sie nach dem Tode des Leibes zu ihrem

Ursprung zurück. Ob fortdauernd selbständig, in einem neuen Gewande? — Folge ein Jeder in dieser großen Frage seinem Glauben; die Wissenschaft bleibt jede Antwort schuldig, und es ist nicht meines Ortes, von Neuem einen Streit anzufachen, der Jahrhunderte dauert und den Jahrtausende doch nicht schlichten werden. — Ich sagte, unsere geistige Thätigkeit sei verschieden von der in uns lebenden Seele. Das schließt jedoch eine nahe Beziehung beider nicht aus; es scheint vielmehr zwischen beiden ein inniger Zusammenhang stattzufinden. Was wir in den Meisterwerken großer Künstler „den göttlichen Funken" nennen, das erscheint wie ein Ausströmen des Göttlichen durch das Mittelglied der geistigen Action. Wie der magnetische Strom auf den electrischen influirt, ähnlich macht die Seele den Geist erzittern und jede seiner Bewegungen ist gleichbedeutend oder fällt zusammen mit einer entsprechenden Schwingung von Nervenfasern, und wie umgekehrt der electrische Strom die Magnetnadel bewegt, also erregen geistige Wahrnehmungen und Bewegungen die Seele, und führen uns hin zu dem Gefühle innerster Befriedigung oder innersten Abscheu's. — Weiter kann und darf ich mich hier auf diese Fragen nicht einlassen. Auf einem Gebiete, wo uns die Thatsachen verlassen, wo sich ein Jeder mehr oder weniger selbst zurechtzufinden suchen muß, geziemt es mir nicht, etwas mehr, als die Andeutung einer individuellen Ansicht zu geben. Im Wesentlichen lag mir nur daran, die Grenze der naturwissenschaftlichen Forschung zu bezeichnen und nachzuweisen, daß auch bei ausgedehntester Zulassung chemisch-physikalischer Erklärung der Lebenserscheinungen dennoch ein weites Gebiet übrig bleibt, auf welchem ein jeder Versuch solcher Erklärung scheitert. —

Wir gelangen zur dritten Frage: In welchem Verhältniß, so lautet sie, stehen die später entstandenen Organismen zu den frühern? Waren sie nur höhere Entwicklungsstufen derselben oder war jede neue Art auch Folge einer neuen Schöpfung?

Erinnern wir uns zunächst der im vierten Vortrage erwähnten Thatsachen, so giebt sich in der ganzen Entwicklung des urweltlichen Pflanzen- und Thierreichs ein allmähliges Fortschreiten vom Niedern zum Höhern kund. Die in den ältesten Perioden allein dastehenden

und in üppigster Fülle entwickelten Farrn, Schachtelhalme und Lycopodiaceen treten in der Kreideformation und in der Molasse gegen die blüthentragenden Mono- und Dicotyledonen zurück; schon viele Pflanzen, die das Erdreich noch heutigen Tages schmücken, kommen in der Braunkohlenformation vor, bis endlich und allmählig diejenige Flora erschien, die uns gegenwärtig umgiebt. Nicht anders im Thierreich. In der Grauwacken- und Kohlenperiode kommt es nur bis zur Fischbildung, in der secundären Periode oder den Flötzschichten treten die Amphibien in ihren riesigen Formen auf, in der Molasseperiode erscheinen Vögel und Säugethiere und endlich erschien auch hier in der Schöpfungsreihe das höchst entwickelte Geschöpf, der Mensch. Mit seinem Dasein beginnt die gegenwärtige Periode. Je mehr wir uns der jetzigen Oberfläche der Erde nähern, desto verschiedener sind die aufgefundenen pflanzlichen und thierischen Organismen von denen, die wir in den tiefsten Schichtgesteinen finden. Unverkennbar tritt uns überall ein Fortschritt in der Entwicklung der einzelnen Organismen entgegen, eine Entwicklung, die sich jedoch mehr in der immer zunehmenden höhern Ausbildung der Individuen und in Vermehrung der Arten, Gattungen und Classen, als etwa in der Zunahme der Körpermasse aussprach.

Nur zu natürlich schließt sich solchen Thatsachen die Frage an, wodurch diese allmählige Entwicklung des Pflanzen- und Thierreichs bedingt wurde? Die verschiedensten Ansichten stehen sich hier einander gegenüber. Die Einen wähnen, daß jede neue Periode der Erdbildung auch von einer allgemeinen Neuschöpfung pflanzlicher und thierischer Organismen begleitet gewesen sei und dieselbe jedesmal zu andern Ergebnissen geführt habe, weil die jedesmaligen äußern Verhältnisse von den frühern verschieden waren. Andere erblicken in der ganzen Reihe pflanzlicher und thierischer Organismen einen derartigen Zusammenhang, daß sie von der Pflanzenzelle ausgehend, von dieser aus allmählig sämmtliche Pflanzen, und durch Metamorphosen der Keimzellen auch sämmtliche Thiere entstehen lassen. So vertheidigt noch kürzlich ein bekannter Physiolog und Arzt, Prof. **Baumgärtner** in seiner jüngst erschienenen „Näheren Begründung der Lehre von der Embryonalanlage durch Keimspaltungen und den Polarisationen der organischen Körper“ den

Satz, daß die einfache Pflanzenzelle das erste organische Gebilde der Schöpfung gewesen, daß nach und nach die Pflanzenzelle zu einer Thierzelle umgewandelt sei, daß sich aus dem niedern Thiere immer das nächst höhere und so fort und fort das höchste endlich aus dem zweithöchsten, der Mensch also aus dem Affen hervorgebildet habe. Wieder Andere statuiren eine nur theilweise Fortdauer der Urzeugung oder Generatio aequivoca und erklären mit ihr die Entstehung früher noch nicht dagewesener Arten oder Gattungen von Pflanzen und Thieren; die einmal vorhanden gewesenen Arten lassen sie dagegen auf dem gewöhnlichen Wege der Fortpflanzung forteristiren und allmählige Modificationen erleiden. Endlich wenden sich Andere noch der Ansicht zu, daß nur eine allgemeine, die Hauptgruppen des Pflanzen- und Thierreichs bildende Neuschöpfung Statt hatte, sich alle spätern Classen, Gattungen und Arten aber auf dem Wege der gewöhnlichen Fortpflanzung aus diesen hervorbildeten. Nur auf dem Wege der Exclusion scheint sich hier einige Klarheit gewinnen zu lassen; eine bestimmte Ansicht läßt sich aber bei dem heutigen Stande unserer Kenntniß der urweltlichen Organismen troß der bedeutenden Fortschritte derselben in den letzten Jahrzehnden dennoch nicht als die allein richtige bezeichnen.

Was zunächst die erste Annahme betrifft, so möchte es schwerlich zu erweisen sein, daß eine jede größere Revolution in der Entwicklungsgeschichte des Erdkörpers von einem allgemeinen Untergange der zur Zeit der vorhergehenden Periode existirt habenden Organismen begleitet war. Die Verhältnisse der einzelnen Schichtgesteine sprechen zu deutlich dafür, daß diese Revolutionen nicht mit einem Schlage und in gleicher Weise über den ganzen Erdball verbreitet erfolgten. Was uns die Geologie heutigen Tages als „Perioden" der Erdbildung schildert, sind nicht scharf abgeschnittene, durch nur momentane Revolutionen bedingte Epochen; gleich den äußern Verhältnissen veränderte sich vielmehr auch die Erdoberfläche in Folge von bedeutenden Eruptionen des Erdinnern nur allmählig und im langsamen Gange im Laufe von Jahrtausenden; wurde dadurch auch stellenweise die Erdoberfläche ihrer Organismen beraubt, ein plötzlicher und allgemeiner mehrfach wiederholter Untergang sämmtlicher zur Zeit existirenden organischen Bildungen läßt sich eben so wenig rechtfertigen, als die Annahme plötzlicher und

über die ganze Erdoberfläche gleichzeitig verbreiteter Revolutionen. Und sollten wir in der That alle Organismen der frühern Perioden stets nur als vergebliche Bildungsversuche des Schöpfers betrachten? Sollten sie nur geschaffen sein, um wieder auszusterben und einer ganz neuen Generation Platz zu machen? Würde es dann nicht bei Weitem natürlicher gewesen sein, die Bildung der Organismen der letzten Bildungsperiode vorzubehalten? Daß sich die Faunen und Floren der verschiedenen Sedimentschichten so sehr verschieden gestalteten, läßt sich in Betreff der von Anfang an vorhandenen Pflanzen- und Thiergattungen ungezwungen und zum Theil sicher auf andre Weise erklären. Es läßt sich nicht daran zweifeln, daß, wie heutigen Tages in auffallender Weise, so in der vorweltlichen Zeit in noch viel eingreifenderer Art durch die sich ständig verändernden äußern Verhältnisse der Temperatur, des Luftdruckes, des Lichtes, u. s. w., Reihen von Varietäten entstanden, deren letztes Glied kaum nur noch einige Aehnlichkeit mit den ersten hatte, und die die Palaeontologen vielleicht unrichtig als weit von einander verschiedene Arten bezeichnen. Es ist hinreichend bekannt, daß Pflanzen und Thiere (Vögel, Hunde, Schweine, Pferde u. s. w.), ja selbst, wie wir neuerer Zeit erfahren haben, die Eier der Vögel, durch Veränderung der äußern Lebensverhältnisse, durch Transport in fremde Climate u. s. w. auffallend verändert werden; in Folge mannigfacher Einflüsse ist selbst der Mensch einer Modification in Gestalt, Capacität und ganzem Wesen fähig, die ihn in der That einem Affen ähnlicher macht, als einem Menschen. In den Schluchten des Juragebirges und der Alpenabhänge entstehen in Folge verschiedener, äußerer Einflüsse, mangelhaften Luftwechsels, ungesunden Trinkwassers, in Folge von Armuth und Elend, jene bedauernswerthen Geschöpfe, welche wir Cretins nennen. Sie gleichen in vielen geistigen und körperlichen Eigenschaften durchaus den Thieren. Ihr abgeflachter Schädel hat die Form eines Affenschädels, ihr Geist ist der Bildung sehr schwer oder gar nicht zugänglich, ihre Triebe sind rein thierischer Art, sie empfinden Wollust in schmerzhaften Nervenreizen, sind wild und jähzornig, unreinlich und unersättlich u. s. w. Was sollen wir von solchen Geschöpfen halten? Sie sind Menschen, aber sie sind durch verschiedene äußere Einflüsse in ihrer ersten Entwickelung so gehemmt, daß sie nur

eine sehr modificirte Form des normalen Menschen darstellen. Durch gehemmte oder luxuriirende Entwickelung des Keimes und der Frucht, in Folge von freilich zum großen Theil noch nicht genau nachgewiesenen, aber keineswegs in das Bereich übernatürlicher Kräfte gehöriger Verhältnisse, entstehen ferner die Mißgeburten oder Monstrositäten, Geschöpfe mit eng verwachsenen untern Extremitäten, die s. g. Sirenen, mit mangelndem Ober- und Unterarm, oder mit mehr Fingern und Zehen als normal, eine Eigenthümlichkeit der Bildung, von der wir sogar wissen, daß sie erblich ist. Können aber äußere und innere Verhältnisse des Organismus noch unter unsern Augen solche Modificationen herbeiführen, um wie viel wahrscheinlicher ist es, daß jene sich beständig und in großartiger Weise verändernden äußern Lebensbedingungen auch die bedeutendsten Modificationen vorweltlicher Thier- und Pflanzenformen herbeiführten! Auf sie reduciren wir ohne Bedenken einen großen Theil der Verschiedenheiten, die sich uns in den Faunen und Floren der verschiedenen Schichtgesteine darbieten, und wir bleiben damit weit entfernt, dieselben aus einer jeder Periode eigenthümlichen allgemeinen Neuschöpfung herzuleiten, geschweige denn einen jede größere Revolution begleitenden allgemeinen Untergang sämmtlicher Organismen zu statuiren.

Eben so wenig wie der erstern, können wir aber der zweiten der erwähnten Ansichten beipflichten. So plausibel es Manchem auch scheinen mag, daß sich die ganze Reihe der Organismen in allmähliger Stufenfolge, von dem niedersten Gebilde bis zum höchsten fortschreitend, entwickelte, so sehr sogar, namentlich in Betreff der höhern Organismen, die Berücksichtigung der Entwicklung der einzelnen Individuen zu solcher Annahme hindrängt, die uns zu Gebote stehenden Thatsachen sind einmal noch nicht hinreichend, um sie zu rechtfertigen, andrerseits aber nicht ungünstig, um sie zu widerlegen. Trotz der Tausende von aufgefundenen urweltlichen Thier- und Pflanzenformen fehlt es uns zunächst oft noch ganz und gar an den nothwendigen Uebergangsstufen und Mittelformen zwischen einzelnen Gattungen und selbst Arten. Mögen auch nach Lindley die zwischen den Coniferen und Lycopoditen stehenden Lepidodendren eine treffliche Uebergangsstufe von blüthenlosen zu blühenden Gewächsen bilden, es muß immer mehr als schroff erscheinen, die

Plesiosauren als Uebergangsformen von den Amphibien zu den Vögeln, oder mit Cotta die beutelthierähnlichen Thylacotherien in den Stonesfield-Schiefern für Uebergangsformen vom Vogel zum Säugethier zu halten. Andrerseits lassen aber die bestimmten, typischen Entwicklungsphasen der wesentlichsten Thier- und Pflanzenformen schließen, daß es auch von Anfang an bestimmte Typen der Entwicklung, wenigstens für Pflanzen, wirbellose und Wirbelthiere gab, und eben die Thatsache, daß wir schon in den ältesten Formationen sowohl Pflanzen, als wirbellosen und Wirbelthieren (Fischen) begegnen, darf gewiß als ein wichtiger Gegenbeweis der oben erwähnten Annahme Baumgärtner's betrachtet werden. In Betreff des Thierreichs der Gegenwart sagt einer der bedeutendsten Naturforscher, Milne-Edwards, in seinem Werke „das Verfahren der Natur bei Gestaltung des Thierreichs," daß ihm die Vielfältigkeit der thierischen Grund- und Secundärformen ein von der Wissenschaft errungenes Ereigniß zu sein scheine; — — „welches auch der Gesichtspunkt sein mag, welchen man einnimmt, man sieht, daß die Gesammtheit der Thiere sich nicht als eine einfache Reihe von der Monade oder dem Seeschwamm an bis zum Menschen darstellen läßt." Ganz dasselbe läßt sich aber sicher auch von der ganzen Thierreihe der Vorwelt behaupten, und will man gar die pflanzlichen Organismen in diese Reihe hineinziehen, so dürfte die Annahme der stufen- und schrittweisen Entwickelung dieser Reihe von der Pflanzenzelle an bis zum höchsten Wirbelthier nur noch um so zweifelhafter erscheinen. Die Thatsache der anfänglichen und, so weit wir schließen dürfen, auch gleichzeitigen Existenz von Pflanzen, wirbellosen und Wirbelthieren darf hier als ein leitender Gesichtspunkt niemals übersehen werden.

Anders verhält es sich mit der obigen dritten und vierten Annahme. Sie beide fallen in das Gebiet der Möglichkeiten, für keine lassen sich aber bis dahin vorwiegende Entscheidungsgründe beibringen. Die hauptsächliche Schwierigkeit wird uns hier durch die höher entwickelten Wirbelthiere bereitet. Die Entstehung der niedern Thierklassen haben wir oben schon zum Theil auf die Varietäten-Bildung in Folge der sich verändernden äußern Einflüsse zu reduciren gesucht; für einen andern Theil darf man sicher eine in den frühern Schöpfungsperioden noch ständig obwaltende, ausgedehnte und erst nach und nach erlöschende Ur-

zeugung als Erklärungsgrund gelten lassen. Um aber die Entstehung der höhern Wirbelthiere zu erklären, fehlt es uns an genügendem Verständniß. Es fehlt uns an Thatsachen, um mit Bestimmtheit zu sagen, diese Thiere und also auch der Mensch haben sich aus niedrigern und früher schon existirt habenden Wirbelthieren entwickelt; die Betrachtung der gegenwärtigen Thierwelt, der Mangel aufgefundener frappanter Uebergangsformen bereiten dieser Annahme Schwierigkeit. Die Berücksichtigung andrerseits der für die Entwickelung eines höhern Wirbelthieres erforderlichen Verhältnisse machen es überaus schwierig, sich hier für eine generatio aequivoca, eine Urzeugung zu erklären, ja im Ganzen dürfte diese Annahme noch weniger zu halten sein, als die erstere. So müssen wir also diese Frage vorläufig noch offen lassen. Hoffen wir, daß uns auch hier fortgesetzte palaeontologische Forschungen mit der Zeit noch weitere Aufschlüsse geben, neue Thatbestände eröffnen. Einmalige allgemeine Urzeugung von Pflanzen, wirbellosen und Wirbelthieren, allmählige Entstehung tausendfacher Varietäten (Arten) durch die sich mächtig und ständig verändernden äußern Verhältnisse, theilweise und namentlich für die niedern Pflanzen und Thiere fortdauernde, aber nach und nach immer mehr erlöschende Urzeugung, das möchten diejenigen Punkte sein, welche sich bei der Erklärung der allmähligen Entwickelung und Ausbreitung des Pflanzen- und Thierreichs bis dahin vertheidigen lassen. Was sich damit nicht erklären und begreifen läßt, muß der zukünftigen Forschung überlassen bleiben. —

Es bleibt uns übrig, noch in aller Kürze einer vierten Frage zu gedenken, der Frage nach der ursprünglichen Einheit der verschiedenen Pflanzen- und Thierarten, und insonderheit des Menschengeschlechtes. Stammen, so lautet sie, alle Pflanzen- und Thierspecies ursprünglich von je einem elterlichen Organismus oder einem Paare ab, oder gab es ursprünglich verschiedene Stammorganismen und Elternpaare, und insonderheit verschiedene Menschenpaare, die die Eltern der jetzt noch existirenden Rassen bildeten?

Die Frage ist in der letztern Zeit vielfach discutirt. Ein entschiedenes Resultat ist aber keineswegs erreicht und der weiter unten anzuführende Endschluß, welchen Rud. Wagner in Göttingen in seiner

vielbesprochenen Schrift „Menschenschöpfung und Seelensubstanz“ aufstellte, faßt die Antwort auf unsre Frage immer noch so bündig und richtig, als es zur Zeit möglich ist, zusammen. — Für die ältesten Schöpfungsperioden darf man allerdings wohl, für Pflanzen ebensowohl als Thiere, die gleichzeitige Entstehung vieler gleichartiger Organismen auf dem Wege der Urerzeugung statuiren. Gleiche, die Entstehung bedingende Verhältnisse erstreckten sich damals wahrscheinlich auch in gleicher Weise über den größten Theil der Oberfläche des Erdballs und es ist nicht einzusehen, weshalb das, was an einem Orte geschah, nicht auch an vielen andern Orten geschehen konnte. In dem langen Laufe der Schöpfungsperioden erlosch aber wahrscheinlich, wie wir oben schon vermutheten, die Urzeugung immer mehr; nur an einzelnen Localitäten mochten noch alle Verhältnisse und Bedingungen in zweckentsprechender Weise zusammentreffen, und ob da nicht die höher entwickelten pflanzlichen und thierischen Organismen zunächst nur in sehr geringer Anzahl, ja selbst ganz einzeln entstanden, bleibt fraglich. Zu demselben Schlusse gelangen wir bei der Annahme einer Entstehung höher entwickelter Thiergattungen aus niedern; ja die anfängliche Existenz von nur einzelnen oder einem Paare wird hier nur um so wahrscheinlicher, als man bei dieser Annahme auf besondere individuelle oder locale Verhältnisse zu recurriren genöthigt sein dürfte. Doch wie dem auch sei, die Möglichkeit der Abstammung der höher entwickelten thierischen Organismen von einzelnen Paaren läßt sich nicht bestreiten, wenn sie sich auch eben so wenig beweisen läßt. Wenn C. Vogt in seiner Streitschrift gegen Rud. Wagner „Köhlerglaube und Wissenschaft“ die Unmöglichkeit der Einwanderung des Menschen oder der höher entwickelten Wirbelthiere aus Asien nach Amerika behauptet, wenn er ferner behauptet, daß aus der fruchtbaren Vermischung der verschiedenen Menschenrassen nicht auf die Arteinheit derselben geschlossen werden könne, da auch verschiedene Thierspecies sich fruchtbar vermischen und die Abkömmlinge fortpflanzungsfähig seien, so hat ihm Andreas Wagner in seinem Schriftchen „Bibelglaube und Naturwissenschaft“ sehr gewichtige Thatsachen und Untersuchungen entgegengestellt. Wer sich für die Frage näher interessirt, wird in den genannten Schriften hinreichende Belehrung finden. Wir entnehmen hier denselben nur das

Hauptresultat, daß die Unmöglichkeit der Abstammung der höhern Thierspecies und insonderheit der Menschen von einem ursprünglichen Paare keineswegs erwiesen ist, die Möglichkeit der Abstammung von verschiedenen Elternpaaren aber auch eben so wenig abgeläugnet werden kann.

Blumenbach schrieb in seinen „Beiträgen zur Naturgeschichte" *) „Ein Wort zur Beruhigung in einer allgemeinen Familienangelegenheit." Er erklärt sich darin, in Uebereinstimmung mit Haller, Linné und Büffon, gegen die „dürren Worte des berühmten Philosophen und kreuzbraven Grillenfängers Lord Monboddo": „Es ist meines Bedünkens unwiderredlich erwiesen, daß die Orangutangs mit unser einem zu einerlei Species gehören;" stimmt aber auch wieder Haller, Linné und Büffon darin bei, daß alle wahre Menschen, Europäer, Neger u. s. w. für bloße Spielarten einer und eben derselben Stammgattung anzusehen seien. Er sagt: „alle die beim Menschen vorkommenden Verschiedenheiten sind nicht um ein Haar auffallender, als die, worin tausend andre Gattungen von organisirten Körpern gleichsam unter unsern Augen ausarten," und: „nicht eine einzige der körperlichen Verschiedenheiten bei irgend einer Menschenvarietät existirt, die nicht durch so unendliche Nüancen allmählig in der andern ihre überfließt, daß derjenige Naturforscher oder Physiologe wohl noch geboren werden soll, der es mit Grund der Wahrheit wagen dürfte eine bestimmte Grenze zwischen diesen Nüancen und folglich selbst zwischen ihren Extremen festzusetzen."

Rud. Wagner hat seine Ansicht bezüglich dieser Frage in seiner schon oben citirten Schrift niedergelegt. Er stellt zunächst folgende Sätze auf:

1) Alle körperlichen Verschiedenheiten, welche zwischen den Völkern des Erdballs vorkommen, sind nicht größer, als die Verschiedenheiten, welche bei Thieren und Pflanzen von einer und derselben Art z. B. beim Hund, beim Schaaf u. s. w. vorkommen.

2. Diese Spielarten zerfallen in zufällige Varietäten, z. B. die

---

*) Göttingen 1790. Pag. 56.

Albinos oder Kakerlaken, in klimatische Varietäten und in ständige Varietäten.

3. Die Feststellung der Zahl dieser Arten hängt einigermaaßen von der Willkür ab. Doch ist Blumenbachs Eintheilung in die kaukasische, die asiatische, die afrikanische wollhaarige und die amerikanische nach der vorherrschenden weißen, gelben, schwarzen und rothen Farbe noch stichhaltig. Will man die 5. Blumenbach'sche, die malayische hinzukommen lassen, so müßte man als 6. noch die schlichthaarige schwarze Rasse Neuhollands, und als 7. vielleicht die Papuas hinzufügen.

4. Sämmtliche Rassen bilden nach streng physiologischem Begriff nur eine Species; sie vermischen sich untereinander fruchtbar.

5. Die geschichtlichen Documente, Mumien und fossile Menschenskelette weisen nach, daß der Mensch von Anfang an keine wesentlichen Verschiedenheiten in Form und Größe erlitten hat, daß er aber in der Reihe der Organismen der letzte war, der in der Schöpfung auftrat.

Darnach fährt Wagner dann fort: „Sämmtliche Rassen des Menschen, so wie die Rassen vieler Hausthiere lassen sich auf keine wirklich existirende, sondern nur auf eine ideale Urform zurückführen. Die Art und Weise, wie sich die Rassen gebildet haben, ist völlig unbekannt. Sie fällt in unvordenkliche, der Forschung völlig unzugängliche Zeit. Ob alle Menschen von einem Paare abstammen, läßt sich vom Standpunkte der Naturforschung aus eben so wenig erweisen, als das Gegentheil — —; die Möglichkeit dieser Abstammung läßt sich aber wissenschaftlich nach streng physiologischen Grundsätzen durchaus nicht bestreiten. Wir sehen unter unsern Augen in einzelnen kolonisirten Ländern physiognomische Eigenthümlichkeiten bei Menschen und Thieren entstehen und beharrlich werden, welche, wenn auch nur entfernt, an die Rassenbildung erinnern."

Zu weitern Behauptungen sind wir bis dahin nicht berechtigt und die oben gestellte Frage bleibt also, insonderheit in Betreff des Menschen, noch offen. Ob uns fortgesetzte palaeontologische Nachforschungen nicht auch hier noch mit der Zeit weitere Aufklärungen verschaffen werden, lassen wir dahingestellt sein.

Das Geheimnißvolle der Schöpfungsgeschichte und insonderheit der

Entstehung der pflanzlichen und thierischen Organismen hat für einen Jeden einen hohen Reiz; fort und fort suchen und sammeln die Palaeontologen in der Tiefe der Erdschichten, um den dunkeln Schleier, der jene Geschichte noch deckt, zu lüften. Haben wir in dem Vorhergehenden dennoch schon den Versuch gewagt, eine Erklärung mit den zahlreichen uns bis dahin bekannten urweltlichen Thatsachen zu verbinden, so geschah es einmal, um zu zeigen, wie weit eine solche zur Zeit überhaupt möglich ist, andrerseits aber vorzugsweise, um nachzuweisen, daß es nichts weniger als nothwendig ist, überall in der Schöpfungsgeschichte auf specielle und unmittelbare schöpferische Eingriffe zu recurriren, daß sich vielmehr die Entwickelung der Organismen, ebenso wie die des Erdballs selbst, als eine nach dem einmal angelegten Plane des Schöpfers durch chemisch-physikalische, in wunderbarer Harmonie zusammentreffende und an dem Stoffe selbst zur Geltung kommende Kräfte vermittelte mit vollem Rechte betrachten läßt, daß, was für die Lebenserscheinungen der Gegenwart mit großer Sicherheit zugegeben wird, mit derselben Sicherheit auch für die ersten existirenden organischen Bildungen zugegeben werden muß. — Nicht jede neue und einzelne Fügung im Leben des Einzelnen ist „ein Wunder;" was man so nennt, ist in der Regel nichts als eine naturgemäße Entwickelung und Aufeinanderfolge eng zusammenhängender, sich wechselseitig bedingender Momente; nur das Leben in seiner vollen Totalität ist und bleibt ewig „ein Wunder." Ebenso verhält sich's mit der allmähligen Entwickelung und dem jetzigen Sein der uns umgebenden Natur. Nicht jede Phase ihrer Entwickelung, der Entwicklung der unorganischen sowohl als organischen Körper, darf uns als neues „Wunder" entgegentreten; auch hier läßt sich mehr und mehr die durch Millionen von Jahren hinaufreichende Reihe tausendfältiger Erscheinungen naturgemäß deuten; aber ein Blick auf den ersten Anfang und ein Blick auf das heutige Ganze — und ewig fragend und staunend werden wir dastehn vor „einer heiligen Naturkraft innerem Wirken!" —

Sechster Vortrag.

Der Kreislauf des Stoffes.

[illegible] Organismus hat für einen [illegible] und [illegible] sammeln die Natur- [illegible] Schriften, [illegible] Schüler, der [illegible] Haben wir in dem Vorhergehen- [illegible] eine Erklärung mit den [illegible] bekannten [illegible] Thatsachen zu verbinden, so [illegible] eine solche zur Zeit über- [illegible] und nachzuweisen, daß [illegible] überall in der Schöpfungsge- schichte [illegible] Eingriffe zu [illegible], daß [illegible] die Entwickelung der Organismen, ebenso wie [illegible] als eine nach dem einmal angelegten Plane des Schöpfers [illegible] in wunderbarer Harmonie zu- [illegible] kommende [illegible] daß, was für die [illegible] großer Sicherheit zugegeben [illegible] jeden entstehenden organischen [illegible] jetzt neue und einzelne [illegible] „ein Wunder,“ und man so [illegible] Entwickelung und [illegible] sich wechselseitig bedingender Momente, nur das Leben in seiner vollen Totalität ist und bleibt ewig „ein Wunder.“ Ebenso verhält sich's mit der allmählichen Entwicke- lung [illegible] der uns umgebenden Natur. Nicht jede [illegible] anorganischen sowohl als organischen Körper [illegible] „Wunder“ entgegentreten; auch hier [illegible] Millionen von Jahren [illegible] naturgemäß deuten; aber ein Blick auf den [illegible] ein Blick auf das heutige Ganze — [illegible] werden wir bestehn vor „einer heiligen [illegible] Wirken!“ —

Nach einer kurzen Betrachtung der Entwicklungsgeschichte unseres Erdkörpers und seiner Organismen wenden wir uns dem Hauptgegenstande der allgemeinen Physiologie, der Untersuchung des allgemeinen Geschehens in der uns umgebenden Natur zu. Von vorn herein müssen wir uns hier unseres Untersuchungsgebietes klar bewußt werden. Es ist die ganze Natur mit der wir es zu thun haben, und nicht nur die Betrachtung der Lebenserscheinungen der pflanzlichen und thierischen Organismen bildet unsre Aufgabe. Ueber das augenfällige und rege Leben der letztern darf man die dem Auge zum größten Theil unsichtbaren Bewegungen im Reiche der unorganisirten Körper nicht übersehen. Sie eben sind die Quelle alles Lebens, und ohne eine Einsicht zu besitzen in die untrennbare Verkettung, welche zwischen dem Reiche der organisirten und unorganisirten Körper besteht, wird es nimmer möglich sein, die Lebenserscheinungen der erstern zu verstehen.

Es hat eine lange Zeit gewährt, bevor uns die Naturforschung einen klaren Blick in dieses allgemeine Geschehen in der Natur gewinnen ließ; erst wenige Jahre sind verflossen, seit uns dasselbe von den geistreichsten Physiologen unseres Jahrhunderts in einem richtigen Gesammtbilde vorgeführt wurde. Aber mit unwiderstehlicher Kraft, wie sie der Wahrheit eigen ist, und mit verhältnißmäßig großer Raschheit hat sich die neue Erkenntniß Bahn gebrochen und Eingang verschafft, und es möchten nur wenige Freunde der Naturwissenschaften sein, denen die Aufschrift des vorliegenden Vortrages noch einen befremdenden Klang hat. In einem ewigen Kreise bewegen sich die Elementarstoffe, die,

ursprünglich der Luft und der Erdoberfläche angehörig, den pflanzlichen wie thierischen Organismus zu bilden bestimmt sind; sie ruhen nimmer, und ihr Kreislauf eben bezeichnet den Weg, auf welchem die Erhaltung des Gewordenen ermöglicht wird. Generationen von Pflanzen und Thieren gehen aus dem gesetzmäßigen Zusammentritt bestimmter Elementarstoffe hervor; sie wachsen und blühen in Folge andauernder Stoffaufnahme und Stoffmetamorphose. Doch ein gleiches Loos erwartet sie alle. Sie sind bestimmt, wieder zu zerfallen in dieselben Elementarstoffe, aus denen sie hervorgingen, bestimmt, nach ihrem Zerfall das Bildungsmaterial neuer Generationen abzugeben. Unsere Phantasie beschäftigt sich nicht gern mit dem Gedanken, daß die Pflanze, welche uns als Nahrungsmittel dient, ihren Stickstoff aus irgend welchem verwesenden Thierleibe entlehnte, oder ihren Kohlenstoff aus dem Rauch unserer Schornsteine hernahm, und doch würden wir uns vergeblich bemühen zu beweisen, daß dem nicht so sei. Dieselben Elementarstoffe, welche unsern Organismus zusammensetzen, haben vielleicht schon Tausenden von Pflanzen und Thieren das Dasein gegeben; auch unser Dasein hat sein Ende, auch unser Organismus wird wieder in seine Elementarstoffe zerfallen; aber der Stoff ist unvergänglich und rastlos, und, kaum in das Reich der unorganischen Welt zurückgekehrt, wird er den Kreislauf schon wieder von Neuem beginnen.

Eine Darlegung dieser allgemeinen Verhältnisse, eine Skizze dieses Kreislaufs des Stoffes soll den Gegenstand unserer vorliegenden Betrachtung bilden. Nehmen wir unsern Ausgang von der uns umgebenden Atmosphäre und der Erdoberfläche, die den Organismen zum Wohnplatz dient.

Unsere atmosphärische Luft, wo immer man sie auch untersucht, besteht ihren Hauptbestandtheilen nach stets aus Sauerstoff und Stickstoff. Gay-Lussac und A. von Humboldt fanden überall, daß in 100 Raumtheilen Luft 79 Theile Stickstoff und 20,9—21,2 Raumtheile Sauerstoff vorhanden seien, so auf den Bergen, so im Thal, so an der Küste, so im Binnenlande. „Das erste Resultat, daß sich die Zusammensetzung der Luft nicht ändert," sagt A. von Humboldt, „ist ganz scharf; das zweite, daß die atmosphärische Luft 21 Proc. Sauerstoff enthält, kann sich nur wenig von der Wahrheit

entfernen." *) Aber Sauerstoff und Stickstoff sind nicht die einzigen Bestandtheile der Luft; sie sind stets und überall, wenn auch in noch so geringen Mengen, begleitet von Kohlensäure, Ammoniak und Wasser, Verbindungen, deren elementare Zusammensetzung wir im ersten Vortrage kennen gelernt haben. Die Quantität der Kohlensäure beträgt nach de Saussure's Versuchen in 10,000 Th. Luft etwa nur 4,15 Theile. Ihre Menge steigt in eng geschlossenen, mit Thieren oder Menschen überfüllten Räumen freilich leicht auf das 40fache und Leblanc will selbst in der Luft des Pariser Theaters 4,3 Proc. derselben gefunden haben. Im Allgemeinen bleibt jedoch jenes Verhältniß das gewöhnliche. Die Beobachtungsfehler in Anschlag gebracht, läßt sich die Menge höchstens auf $^1/_{1000}$ veranschlagen. **) Dennoch, welch' enorme Massen von Kohlensäure bildet dieser Bruchtheil, wenn man berechnet, wie viel derselbe für die ganze den Erdball umgebende Atmosphäre beträgt! Jeder Quadratfuß der Erde trägt circa 1300 Pfund Luft; die Kohlensäure enthält etwas über 27 Proc. Kohlenstoff; danach befinden sich in der gesammten Atmosphäre nicht weniger als 2800 Billionen Pfund Kohlenstoff, eine Quantität, von welcher Liebig sagt, daß sie mehr beträgt, als das Gewicht aller Pflanzen der bekannten Braunkohlen- und Steinkohlenlager zusammengenommen. ***) — Die Menge des Ammoniaks ist ebenfalls sehr gering und verhältnißmäßig noch viel geringer, als die der Kohlensäure. Im Minimum beläuft sich dieselbe nach Horsford's Untersuchungen auf, 2 Milliontel, im Mittel auf 17,11, im Maximum auf 47,6 Milliontel; †) sie ist im Sommer, entsprechend der rascheren Verwesung abgestorbener pflanzlicher und thierischer Organismen, größer als im Winter, und in der Nacht größer als am Tage (Fresenius). Aber dieser, wenn auch noch so geringe Bruchtheil, liefert im Ganzen ebenfalls enorme Mengen, Mengen, welche fast hinreichend sind den Stickstoffbedarf der Pflanzen

---

*) S. A. v. Humboldt's „Kleinere Schriften." 1853. pag. 349.

**) S. Liebig. Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 1843. pag. 19.

***) Ebendaselbst. pag. 22.

†) Vgl. in Betreff dieser Zahlenangaben Moleschott's Physiologie des Stoffwechsels. Erlangen 1851.

und Thiere zu decken. — Der Wassergehalt der Luft endlich ist gleichfalls verhältnißmäßig gering. Er unterliegt je nach der Verdunstung größerer oder kleinerer Wasserflächen u. s. w. bedeutenden Schwankungen. Im Durchschnitt mag er sich nach Verver's und Leblanc's Untersuchungen auf 5—8 Tausendtel belaufen. Aber auch diese Quantität ist hinreichend, um der Erde jene Mengen von Regen zu liefern, die alljährlich auf sie niederfallen, eine Menge, deren Größe sich leicht berechnen läßt, wenn man bedenkt, daß der alljährlich herabfallende Regen durchschnittlich einer Wasserschicht von etwa 36 Pariser Zoll entspricht. *)

Wie verhalten sich dem gegenüber die Bestandtheile unserer jetzigen Erdoberfläche? Sie wird theils vom Wasser, theils vom festen Lande gebildet. Jenes enthält in Auflösung eine reiche Menge von Salzen, die ihm zum Theil ursprünglich angehören, zum Theil alljährlich von Neuem durch Ströme und Flüsse zugeführt werden; dieses besteht in seiner uns hier allein interessirenden oberflächlichsten Schicht wesentlich aus denjenigen Verbindungen, aus welchen wir früher die Gebirgsmassen zusammengesetzt sahen, und nebenbei aus Verbindungen, welche aus dem Zerfall, der Verwesung oder Vermoderung begrabener thierischer und pflanzlicher Organismen hervorgehen; beide zusammengenommen bilden eben unsere sog. Damm- oder Ackererde. — Die ungeheure, fast $^3/_4$ der ganzen Erdoberfläche bildende Oberfläche des Meeres und der Binnenwässer unterliegt einer beständigen Verdunstung und giebt in dieser Weise dem Wassergehalt der Atmosphäre seine Entstehung. Dieser, in Dunstform aufgestiegen, kehrt in der Form des tropfbar-flüssigen Regens, stets einen Theil des in der Luft enthaltenen Ammoniaks und der Kohlensäure mit sich führend, auf die Erdoberfläche zurück. Mächtig ist die Wirkung, welche er als solcher, gemeinsam mit den Bestandtheilen der Atmosphäre, der Kohlensäure und dem Sauerstoff, auf alle Felsen und Gesteinsmassen ausübt; er bedingt zum größten Theil die Verwitterung derselben und fortspülend führt er die Verwitterungsmassen den Thälern und fruchttragenden Feldern, den

*) Ueber die an verschiedenen Orten wechselnden Regenmengen vgl. Humboldt. Kosmos I. pag. 359 u. 485.

Bächen und Flüssen, die durch zeitweilige Ueberschwemmungen dem anliegenden Lande ihre festen Bestandtheile übergeben, zu. Können wir noch zweifelhaft sein, aus welchen Bestandtheilen diese Verwitterungsmassen bestehen? Es sind dieselben Bestandtheile, welche die Gebirgsmassen zusammensetzen und nur je nach ihrem Ursprunge sind sie und nicht minder die Bodenarten verschieden, zu deren Bildung sie beitragen. Von dem verwitterten Feldspath empfängt der Boden Kieselerde, Thonerde und Kali; von dem Albit Kieselerde, Thonerde und Natron; von dem Labrador Kieselerde, Thonerde und Kalk; von dem Syenit mit der Hornblende oder der ganzen Gruppe der Grünsteine: Kieselerde, Kalk, Magnesia und Eisenoxydul; von der Kreide den kohlensauren, von dem Apatit den phosphorsauren, von dem Gyps den schwefelsauren Kalk. Kali, Natron, Magnesia, Kalk, Eisenoxyd und Eisenoxydul, Kieselerde, Schwefelsäure, Phosphorsäure und Kohlensäure sind aber in der That auch überall die hauptsächlichsten unorganischen Bestandtheile unseres Ackerbodens. — Aber derselbe enthält noch andere Verbindungen. Die Massen von abgestorbenen pflanzlichen und thierischen Organismen, welche seit Tausenden von Jahren alljährlich auf der Oberfläche des Erdbodens verwesen, oder, der Luft weniger zugänglich und tiefer gelegen, vermodern, sie tragen wesentlich bei zur Bildung unserer Ackerkrume. Die sämmtlichen unorganischen Bestandtheile dieser thierischen und pflanzlichen Organismen, — und es sind dies keine andern als diejenigen, welche wir so eben schon als aus andrer Quelle dem Boden zufließend erkannten, — verbleiben zunächst wieder als solche dem Boden; was wir die Asche jener Organismen nennen, trägt nicht wenig zur Bereicherung des Bodens an unorganischen Verbindungen bei. Die sämmtlichen organischen Bestandtheile derselben hingegen verbleiben dem Boden nicht als solche; sie, aus Kohlenstoff und Wasserstoff, oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehend, unterliegen alsbald einem Zerfall, einer Metamorphose, und das Resultat dieser Metamorphose ist einmal die Bildung von Kohlensäure und Ammoniak, andrerseits die Bildung der sog. Humussäuren, Producte der in Verwesung begriffenen Holz- oder Pflanzenfaser. Die Holz- oder Pflanzenfaser, der wesentlichste Bestandtheil jedes Pflanzen-

theils, besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Der Verwesung unterlegen, giebt sie zunächst, ähnlich wie es früher bei der Braun- und Steinkohlenbildung erwähnt wurde, einen Theil ihres Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs in der Form von Kohlensäure und Wasser ab; ein andrer Theil aber bleibt zurück und dieser Theil, den wir in Verbindung mit den übrigen Bestandtheilen des Erdbodens Humus nennen, besteht nun der Hauptmasse nach nicht mehr aus dem Zellstoff der Pflanze, sondern aus sauren Substanzen, organischen Säuren, die man früher allgemein unter dem einen Namen der Humussäure zusammenfaßte, die aber nach Mulder's sorgfältigen Untersuchungen *) in der That sehr verschiedenartig in ihrer Zusammensetzung sind und deshalb auch mit verschiedenen Namen von ihm belegt wurden. Die häufigste dieser Säuren ist die sog. Huminsäure ($C_{40} H_{12} O_{12}$); ihr folgt die Geïnsäure ($C_{40} H_{12} O_{14}$); dieser die Quellsatzsäure ($C_{48} H_{12} O_{24}$); und dieser die Quellsäure ($C_{24} H_{12} O_{16}$). Der ganzen Reihe dieser Stoffe giebt vielleicht die Ulminsäure ($C_{40} H_{14} O_{12}$) in Folge fortdauernder Oxydationsvorgänge die Entstehung. **) — Doch es kommt hier weniger auf die genaue Kenntniß all dieser einzelnen Verbindungen an; nur das ist festzuhalten, daß unser Ackerboden neben den Verwitterungsmassen, die ihm zugeführt werden und neben der Kohlensäure und dem Ammoniak, die aus der Verwesung pflanzlicher und thierischer Organismen hervorgehen, stets auch organische Verbindungen und zwar Säuren enthält, die aus der

---

*) Vgl. G. J. Mulder: Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie, übersetzt von Jac. Moleschott. Heidelberg 1844. S. 155—188.

**) So bildet vielleicht die Ulminsäure $= C_{40} H_{14} O_{12}$ unter Aufnahme von 2 At. Sauerstoff die Huminsäure $= C_{40} H_{12} O_{12}$ plus 2 At. Wasser $= 2 HO$;

Die Huminsäure unter Aufnahme von 2 At. Sauerstoff die Geïnsäure $= C_{40} H_{12} O_{14}$;

Zwei Aequivalente Geïnsäure unter Aufnahme von 72 At. Sauerstoff die Quellsatzsäure $= C_{48} H_{12} O_{24}$ plus 32 At. Kohlensäure und 12 At. Wasser ($= 32 CO_2$ plus $12 HO$);

Die Quellsatzsäure endlich unter Aufnahme von 40 At. Sauerstoff die Quellsäure $= C_{24} H_{12} O_{16}$ plus 24 At. Kohlensäure $= 24 CO_2$.

Jedenfalls ist das Hervorgehen dieser verschiedenen Verbindungen, der einen aus der andern, mehr als wahrscheinlich.

Metamorphose der Pflanzenfaser oder des Pflanzenzellstoffes entspringen und die wir unter dem Namen der Humussäuren zusammenfassen.

Damit haben wir die wesentlichsten Bestandtheile der atmosphärischen Luft und unseres Ackerbodens kennen gelernt. Wozu dienen sie nun? Welchen Weg schlagen sie ein? — Wir wissen es längst, Luft und Boden geben zunächst der Pflanze die Nahrung; sie liefern in unerschöpflicher Fülle das Material zu den Tausenden und aber Tausenden von pflanzlichen Bildungen, an deren Gestalt, an deren Grün, deren Blüthe und Frucht wir uns alljährlich von Neuem erfreuen. Aber in welcher Weise tragen ihre einzelnen Bestandtheile hierzu bei? Welche Bedeutung haben dieselben für die Entwicklung der einzelnen Theile der Pflanze?

Zerlegen wir eine Pflanze mit Allem, was zu ihr gehört, in ihre elementaren Bestandtheile, so finden wir zunächst, daß sie zusammengesetzt ist aus organischen (verbrennlichen) und aus unorganischen (unverbrennlichen) Bestandtheilen. Verbrennen wir die Pflanze, so bleiben die letztern als Asche zurück. Eine weitere Analyse lehrt uns sodann, daß jene aus Kohlenstoff und Wasserstoff, oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehen, diese dagegen aus phosphorsauren, schwefelsauren, kohlensauren und kieselsauren Salzen zusammengesetzt sind, deren Basen theils die Alkalien (Kali und Natron), theils die alkalischen Erden (Kalk und Magnesia), theils Metalloxyde (Eisenoxyd) bilden. Ist es nicht schon zu errathen, woher die Pflanze diese ihre Bestandtheile bezog?

Die aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehenden ätherischen Oele, die aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzten indifferenten Stoffe, wie das Stärkmehl, das Gummi, der Zellstoff, der Zucker und die Säuren, wie die Wein-, die Aepfel-, die Citronensäure, die aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehenden stickstoffhaltigen Verbindungen endlich, wie das Pflanzeneiweiß oder der Kleber, die Pflanzenbasen u. s. w., sie alle haben ihre elementaren Bestandtheile den Bestandtheilen der Luft und dem aus der Verwesung pflanzlicher und thierischer Organismen hervorgegangenen Ammoniak

und der Kohlensäure des Erdbodens entnommen. Ohne die Anwesenheit dieser einfachern und unorganischen Verbindungen in Luft und Boden würde sich keine Pflanze, kein Blatt, keine Frucht entwickeln können. Aber wunderbar genug, nicht der in der Luft in so reichlicher Menge vorhandene Stickstoff trägt direct dazu bei, die organischen Verbindungen der Pflanze zu bilden, auch nicht der Sauerstoff der Luft als solcher hat vorzugsweise Antheil an diesen Bildungen, es sind vielmehr nach den lehrreichen und trefflichen Untersuchungen Boussingault's u. A. nur die oben als in verhältnißmäßig so geringer Quantität in der Luft, außerdem aber im Erdboden enthaltenen Verbindungen, das Ammoniak, die Kohlensäure und das Wasser, welche das Material zu der Bildung jener Substanzen liefern. Noch kürzlich erwies uns dies Boussingault durch die interessantesten Versuche in seinen „Untersuchungen über die Vegetation," *) und es wurde namentlich durch dieselben das auffallende Factum bestätigt, daß die Pflanze keinen Stickstoff direct aus der Luft aufnimmt. — Die unorganischen Bestandtheile der Pflanze, die ihre Asche bildenden Mineralbestandtheile, stammen dagegen nur aus dem Erdboden her; aufgelöst in dem die Erde tränkenden Regenwasser werden sie von den Wurzelfasern aufgenommen, um einmal das Gerüst der Pflanze bilden zu helfen, um andererseits, wie wir es später noch hören werden, die Bildung der zusammengesetzten organischen Verbindungen zu vermitteln. Es sind diese Bestandtheile der Pflanze nicht etwa nur zufällige und überflüssige; sie sind nicht etwa nur in die Pflanze übergetreten, weil sie nun einmal in dem Boden vorhanden waren; wir dürfen es vielmehr mit aller Bestimmtheit behaupten, daß ohne ihre Gegenwart sich keine Pflanze entwickeln, keine Frucht gedeihen würde. Die richtige Erkenntniß der hohen Bedeutung eben dieser Bestandtheile für das Leben der Pflanze hat wesentlich beigetragen zu den bedeutenden Fortschritten, welche die Agriculturchemie in dem letzten Jahrzehend erfahren hat.

Wir lernten oben noch andere und zwar organische Bestandtheile des Bodens kennen. Haben auch sie eine Bedeutung für die Entwick-

---

*) Compt. rend. XXXIX. p. 601. — Erdmann's Journal für prakt. Chemie Bd. 63. S. 418.

lung der Pflanze, sind sie vielleicht sogar von hervorragender Wichtigkeit für dieselbe? Es ist die Frage noch nicht ganz geschlichtet, ob die Humussäuren als solche in die Pflanze übergehen und auch als solche zur Ernährung derselben verwendet werden, oder ob sie, wie Liebig meint, erst sämmtlich im Boden zu Kohlensäure und Wasser zerfallen und nur in dieser Form der Pflanze als Nahrungsmittel dienen. Doch wie dem auch sei, eine sehr hervorragende Rolle spielen sie wahrscheinlich nicht; Tausende von Pflanzen entwickeln sich auch ohne Humussäuren, auf einem Boden, der keine verwesende Pflanzentheile, wenigstens in keiner irgend erheblichen Menge enthält; und ob sie selbst da, wo sie vorhanden sind, die Entwicklung der Pflanze zu fördern vermögen, in keiner Weise entkräftet ihr Vorhandensein den Satz, daß die neue Pflanze ihre Organe, ihre Blätter, Blüthen und Früchte im Wesentlichen nur aus den unorganischen Verbindungen der Luft und des Erdbodens bildet und daß dieselben nicht schon außerhalb des pflanzlichen Organismus zu organischen Verbindungen zusammentreten, ein Satz, der ebenfalls durch Boussingault's treffliche Untersuchungen schlagend erwiesen ist.

Wohl mag es Manchem wunderbar erscheinen, daß sich aus den zum Theil unsichtbaren Bestandtheilen der Luft und aus den so gering geachteten, aber auch so wenig in ihrem wahren Werthe erkannten unorganischen Bestandtheilen des Erdbodens der prachtvolle Baum mit all seinem Schmuck hervorbilden soll. Aber dennoch, „die Pflanzen sind," wie es A. v. Humboldt so schön in seinen „Ansichten der Natur" ausdrückt, „bemüht, den rohen Stoff der Erde organisch aneinanderzureihen und vorbereitend, durch lebendige Kraft, zu mischen, was nach tausend Umwandlungen zur regsamen Nervenfaser veredelt wird." Die Versuche Boussingault's, Liebig's, Lassaigne's u. A. haben uns den untrüglichsten Beweis geliefert, daß wir, je nachdem wir der Pflanze, die in dem Erdboden und der Luft enthaltenen Verbindungen in künstlich vermehrter oder verringerter Quantität zuführen, sofort das Wachsthum der Pflanze zu ändern vermögen. Je nachdem wir die Zufuhr von Kohlensäure und Ammoniak, von schwefelsauren, phosphorsauren und andern Salzen erhöhen, um so kräftiger ist das Gedeihen der Saat. Können wir da noch über den Weg in Zweifel sein, wel-

chen die Elementarstoffe verfolgen? Ueber die Bedeutung, welche sie im Allgemeinen für die Pflanze besitzen? Abhängig von dem Reichthum des Bodens an den für jede Pflanze bestimmten Nahrungsmitteln ist das Gedeihen der Saaten heutigen Tages in gewisser Beziehung in hohem Grade in die Hand des Landwirthes gelegt; von seinem agriculturchemischen und naturwissenschaftlichen Verständniß überhaupt werden zum großen Theil die Resultate abhängig sein, welche er auf seinen Feldern erzielt. Der Fortschritt in der Erkenntniß des Kreislaufs des Stoffs und der Bedeutung des letztern hat ihn gelehrt, ein hervorragend wichtiges Verhältniß zu beherrschen, und giebt er dem Boden, was er ihm im einzelnen Falle geben muß, so darf er auch seines Erfolges gewiß sein. — Zwar wissen wir heutigen Tages noch nicht, welches denn jene „lebendige Kraft" ist, die den Zusammentritt der unorganischen Verbindungen zu organischen bedingt, worauf die hohe Bedeutung der mineralischen Bestandtheile des Erdbodens für die Herstellung der letztern im einzelnen Falle beruht, welche Naturkräfte die Bildungsvorgänge im Pflanzenreich regeln. Licht und Wärme, Electricität und Wahlverwandtschaft der Elementarstoffe, Schwerkraft und jene Vorgänge, welche wir unter dem Namen der En- und Exosmose *) zusammenfassen, sie alle kommen hier ohne Frage ins Spiel. Allein es ist das erst eine zweite Frage und sie beeinträchtigt nicht die Wahrheit der Erkenntniß, welche wir über diese Curve des Kreislaufs des Stoffes erlangt haben.

Keineswegs treten nun aber die Bestandtheile der Luft, welche wir als Nahrungsmittel der Pflanze bezeichneten, ganz unmittelbar in derselben zu den verschiedenen organischen Verbindungen zusammen. Sie mischen sich nicht sofort in verschiedener Weise, um hier die Oxalsäure, die Wein- oder Aepfelsäure, dort das Gummi, Stärkmehl und Zucker, dort den Kleber u. s. w. zu bilden. Genaue Untersuchungen der Pflanzen und Früchte zu verschiedenen Perioden der Reife haben uns darüber auf das Bestimmteste Aufschluß gegeben. Wir müssen es einem spätern Vortrage vorbehalten darzuthun, daß zunächst aus dem Zusammentritte jener unorganischen Bestandtheile sehr wahrscheinlich nur eine gewisse Reihe organischer

*) S. unten (8ter Vortrag).

Verbindungen hervorgeht, daß sich aus dieser durch allmählige Metamorphosen immer andere und wieder andere Verbindungen hervorbilden, bis endlich der Zustand der Reife erreicht ist. Aber einer, all diese Vorgänge begleitenden Erscheinung müssen wir schon hier gedenken. Während die Pflanze die oft erwähnten Verbindungen aus Luft und Erde aufnimmt, giebt sie auch einige derselben oder Elementarbestandtheile derselben wieder ab; sie nimmt, wie Boussingault erwies, Kohlensäure vorzugsweise durch ihre Blätter *) und Wasser durch ihre Wurzeln auf; aber während sie den Kohlenstoff und den Wasserstoff dieser Verbindungen zum größten Theil zurückhält, fixirt sie von dem Sauerstoff derselben nur einen geringern Theil; einen größern giebt sie der Luft wieder zurück, sie tauscht, wie man sagt, die Kohlensäure der Luft gegen Sauerstoff ein. Es werden in dieser Weise die Pflanzen wahre Purificatoren der uns umgebenden Luft, denn in einer Luft, welche immer reicher und reicher würde an Kohlensäure, wie es alle Verbrennungsprocesse bedingen müßten, wäre das Athmen der Thiere bald unmöglich. Und ob dies Verhältniß auch nur bei Tage, unter Einfluß des Sonnenlichtes besteht, ob sich der Proceß zur Nachtzeit auch geradezu in der Weise umkehrt, daß die Pflanze Kohlensäure aushaucht und Sauerstoff aufnimmt, ob endlich auch alle nicht grünen Theile der Pflanze, wie die Rinde des Stammes und die Wurzel, wie die Früchte und Staubfäden, selbst bei Tage Kohlensäure exhaliren und Sauerstoff aufnehmen, die Sauerstoffexhalation der Pflanze ist und bleibt dennoch unter allen Umständen eine der hervorragendsten Erscheinungen des Pflanzenlebens; die Abgabe von Kohlensäure und Aufnahme von Sauerstoff spielen ihr gegenüber, wenn nicht eine unwichtige, doch nur eine untergeordnete Rolle. — Von andern aufgenommenen Stoffen giebt die Pflanze fast nur noch Wasser wieder ab. Es verdunstet dasselbe beständig von den Blättern aus, und nicht unwesentlich ist dieses Verhältniß für die Zeichnung des Kreislaufs des

---

*) Boussingault (Economie rurale I. 66.) trieb durch einen Ballon, in welchem ein mit 20 Blättern versehener Zweig einer Weinrebe eingeschlossen war, während die Sonne den Apparat beschien, in der Stunde 15 Litres atmosphärische Luft, welche 0,0004—0,00045 Kohlensäure enthielt; nach dem Austritt der Luft aus dem Ballon war die Kohlensäure auf 0,0001—0,0002 vermindert. —

Stoffes. Ein großer Theil Wasser verbleibt aber auch als solches der Pflanze, um später von hieraus, d. h. mit ihr selbst, seinen Weg fortzusetzen. —

Es nimmt also, um es kurz zu wiederholen, die Pflanze Kohlensäure, Ammoniak und Wasser aus der Luft und dem Erdboden und eine gewisse Menge andrer unorganischer Verbindungen, die sog. Mineralbestandtheile, aus dem letztern auf; während der tausendfältigen Mischung dieser sämmtlichen Verbindungen aber, während der Bildung zusammengesetzter organischer Stoffe aus ihnen, giebt sie insonderheit einen Elementarstoff, den Sauerstoff, zum Theil der Luft zurück; alle übrigen hält sie in untrennbarer Verbindung fest. So geht sie unter dem Einfluß des Lichtes und der Wärme, durch eine lange Reihe von Metamorphosen hindurch, der Fruchtbildung und Reife entgegen. Welche weitere Bahnen verfolgen die Elementarstoffe nach dem Eintritte dieser?

Ein Theil der Pflanze verbleibt unmittelbar dem Erdboden, auf dem dieselbe entstand. Der Baum verliert seine Blätter, die Feldfrüchte lassen zum größten Theil ihre Wurzeln und selbst Theile des Stammes dem Boden zurück. Sie sind bestimmt den eben vollendeten kleinen Kreislauf von Neuem zu beginnen. Sie verwesen, sie zerfallen zu Ammoniak, Kohlensäure und Humussäuren und einschließlich der unorganischen Bodenbestandtheile (Mineralstoffe) die sie enthalten, helfen sie die Dammerde oder den Humus bilden, um der nächstjährigen Generation von Neuem als Nahrungsmittel zu dienen. Ein andrer Theil aber kehrt nicht zu dem Boden zurück, der ihn hervorbrachte. Die Früchte der Pflanzen, so wie ein Theil des Laubes, der Wurzeln u. s. w. werden zum größten Theil von uns hinweggenommen, um Thieren und Menschen als Nahrungsmittel zu dienen; sie haben noch einen weitern Kreisabschnitt zu durchlaufen, bevor sie in die großen Vorrathskammern der Natur, aus denen sie ursprünglich stammten, zurückgelangen. Was ursprünglich Bestandtheil der atmosphärischen Luft, was Bestandtheil der nackten Erdoberfläche war, das soll, zu neuen Verbindungen und Formen gemischt, den Thierkörper zusammensetzen und ihm zur Nahrung dienen. Kann dieser aus andern Bestandtheilen bestehen, als aus denjenigen, die die Pflanze zu bilden bestimmt waren? Nimmt er irgend andere Substanzen als solche auf, die im letzten Gliede von der Pflanze geliefert wurden, ausgenommen etwa

das Wasser, das aber der Pflanze in eben der Weise zukam, wie dem thierischen Organismus, oder das Kochsalz, welches allerdings nur in geringer Menge in der Pflanze sich findet? Derselbe Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff, dieselben mineralischen Bestandtheile des Erdbodens, die schwefelsauren, phosphorsauren, kohlensauren und kieselsauren Salze, welche die Pflanze bildeten, sie haben die Bestimmung den thierischen Körper aufzubauen. Nur abermals in neuer Form, herbeigeführt durch neue Metamorphosen, erscheint uns der Stoff; und wo wir neben den Producten des Pflanzenreichs auch Producte des Thierreichs als Nahrung verwenden, da führen wir nicht etwa einen neuen Stoff, wir führen vielmehr denselben Stoff ein, der die Pflanze einst bildete, denselben Stoff, nur in neuer Form und Verbindung. Aber ein neues Loos erwartet ihn hier. Während ein Theil der Nahrungsmittel, welche wir dem Thierkörper einverleiben, bestimmt ist, die Organe desselben zu bilden und vielleicht ständig ein integrirender Theil des lebenden Organismus zu bleiben, während dieser Theil erst nach dem Tode des Thieres in das Reich der unorganisirten Körper, zerfallen in seine Elementarbestandtheile, zurückkehrt, durchkreist ein andrer den Thierkörper rasch und nur, um ihn bald wieder, nach Erfüllung seiner Aufgabe als Erhaltungsmittel, zu verlassen. Was die Pflanze, tausendfältig mischend, aneinanderfügte, ist der Thierkörper bestimmt, wieder zu trennen, in einfachere Verbindungen zu zerlegen, und was wir in einer Form genossen, tritt in andrer Form, dem Stoffe nach aber nicht verschieden, aus dem Thierkörper wieder hinaus. Das Fleisch, das Brod, die Früchte, die wir genießen, sie entstehen aus der Kohlensäure, dem Ammoniak und dem Wasser der Luft, aus den unorganischen (mineralischen) Bestandtheilen des Erdbodens. Als Kohlensäure, als Wasser, als Ammoniak, als dieselben mineralischen Bestandtheile, die der Erdboden lieferte, oder in einem nur losen, bald ebenfalls zu Kohlensäure und Ammoniak zerfallenden, stickstoffhaltigen Verbande, als Harnstoff und Gallenbestandtheil, treten sie aus dem thierischen Organismus hinaus; sie mischen sich der Luft oder dem Erdboden, von dem sie stammten, wieder bei, der Kreislauf ist vollendet, und, nimmer ruhend, beginnt der Stoff denselben sofort von Neuem.

Und war in diesem Kreisen irgend einer jener Bestandtheile, welche

die Pflanze lieferte, dem Organismus nutzlos? Durchlief er denselben nur als zufälliger Begleiter dieser oder jener Verbindung? — Hat die Landwirthschaft aus der richtigen Erkenntniß vom Kreislauf des Stoffes und von der Bedeutung der einzelnen Elementarstoffe und Elementar-Verbindungen einen unschätzbaren Nutzen gezogen, so hat die gleiche Erkenntniß die der Landwirthschaft in vieler Beziehung so nahe verwandte Diätetik unendlich gefördert. — Keiner all jener Stoffe, die mit der Frucht oder dem Kraute der Pflanze dem Thierleibe übergeben werden, ist nutz- oder bedeutungslos; jeder hat eine gleiche Dignität. Ohne die in der Pflanze aus Kohlensäure, Ammoniak und Wasser entstandenen organischen Verbindungen würde der thierische Organismus nimmer seine organischen, stickstoffhaltigen und stickstofffreien, Verbindungen herzustellen im Stande sein; und wie die unorganischen Bestandtheile des Erdbodens die unumgänglich nothwendigen Vermittler der Herstellung jener organischen Verbindungen des Pflanzenreichs, wie sie die unumgänglich erforderlichen Gerüstbildner des pflanzlichen Organismus selbst waren, so sind sie auch für den thierischen Körper die Gerüstbildner und die Vermittler der mannigfachen Metamorphosen der organischen Verbindungen. Sorgt der Landmann nicht dafür, daß seine Saat in dem Boden die erforderliche Menge von mineralischen Verbindungen vorfindet, sorgt er nicht dafür, daß die sie umgebende Luft die nothwendige Menge unorganischer Verbindungen (Kohlensäure und Ammoniak) enthält, so wird seine Frucht nicht gedeihen; und findet der thierische Organismus in der Nahrung nicht die erforderliche Menge stickstoffhaltiger und stickstofffreier Verbindungen, nicht die erforderliche Quantität mineralischer Bestandtheile, so wird er ebenfalls nicht zu einem gesundheitsgemäßen und leistungsfähigen Zustande gelangen. Diese Erkenntniß giebt der Diaetetik eine hervorragende Bedeutung und erhebt sie auf die erste Stufe in der Reihe derjenigen Gegenstände, deren Kenntniß für die glückliche Heranbildung und Erhaltung des menschlichen Organismus eine unerläßliche Nothwendigkeit ist.

Die complexen organischen Verbindungen, die wir mit den Früchten des Feldes dem Thierleibe zuführen, zerfallen also in demselben wieder in ihre elementaren Bestandtheile. Es geschieht dies durch eine Reihe von Metamorphosen in ähnlicher aber umgekehrter Reihenfolge,

wie sie das Entstehen jener Verbindungen in der Pflanze bedingten. Auch hier übersehen wir noch nicht jedes Glied der Metamorphosen selbst; außer der sicheren Erkenntniß der Anfangs- und Endglieder sind uns nur erst einige Mittelglieder der Reihe mit Bestimmtheit bekannt. Allein im Allgemeinen ist uns das Wesen des Vorganges klar, und die Bahnen, in denen der Stoff hier kreist, sind nicht mehr zweifelhaft. Verfolgen wir denn in unserm allgemeinen Bilde in aller Kürze den Stoff auf dieser seiner Bahn und suchen uns klar zu werden über seinen Zerfall und die Wege, auf denen er im höher entwickelten Organismus des Wirbelthieres zu seinen ursprünglichen Quellen zurückgelangt.

Schon in dem Augenblick, wo er in der Form der Nahrungsmittel vom Munde des Thieres aufgenommen wird, beginnt die Reihe seiner Metamorphosen. Es werden die Nahrungsmittel zunächst mit Hülfe der Kauapparate zerkleinert, gemeiniglich durch Beimischung einer von bestimmten Nebenorganen der Mundhöhle abgesonderten Flüssigkeit zum Verschlingen tauglich gemacht und, wo sich eine Speichelabsonderung findet, sofort auch einer chemischen Veränderung unterworfen, indem der Speichel eben die Eigenschaft besitzt, das Stärkemehl der Nahrungsmittel in Traubenzucker umzuwandeln (s. Vortrag I. pag. 45). In dem Magen angelangt, unterliegen sie weitern Veränderungen. Mit Hülfe des ein eigenthümliches Ferment und Salzsäure enthaltenden Magensaftes, mit Hülfe der muskulösen Magenwandungen werden sie in den sog. Chymus oder Speisebrei verwandelt. Das Pflanzeneiweiß, der Kleber nimmt eine dem Eiweiß des Blutes sehr ähnliche Beschaffenheit an, es wird aufgelöst; die stickstofffreien Verbindungen andrerseits, das Stärkmehl, Zucker, Gummi u. s. w. werden zum Theil in eine Säure, die sog. Milchsäure (ganz dieselbe Säure, welche sich bei der Gerinnung der Milch bildet), verwandelt. Sobald die Thätigkeit des Magens beendet ist, dringt der Speisebrei weiter vor in den Darmkanal; die Absonderungssäfte der Leber, der Bauchspeicheldrüse und der Darmdrüsen (Galle, Bauchspeichel und Darmsaft) fließen ihm zu; die gleichen Metamorphosen, welche im Magen Statt hatten, werden hier einmal noch weiter fortgeführt, sie dehnen sich auf alle diejenigen Bestandtheile der Nahrung aus, welche die Metamorphose im Magen noch

nicht erfuhren; es finden andrerseits neue Metamorphosen, neue Verbindungen, neue physikalische Veränderungen Statt. Gleichzeitig aber tritt auch der allmählig zu dem sog. Chylus veränderte Speisebrei in Berührung mit Tausenden kleiner Zotten oder Wärzchen oder mit jenen, von feinsten, für Flüssigkeiten durchdringbaren Wänden umgebenen Blutgefäßchen, die wir die Capillaren nennen, und diese auf der Schleimhaut des Darmkanals aufsitzend oder in ihr gebettet, saugen, den Wurzelfasern der Pflanze vergleichbar, Alles aus dem Nahrungssafte auf, was als Nahrungsstoff verwandt werden kann. Von den kleinen, mit dem unbewaffneten Auge kaum wahrnehmbaren Zotten aus laufen sodann feine Kanäle, die sog. Chylusgefäße, von fast allen Theilchen des Darmkanals gegen die Wirbelsäule zu; sie führen den Chylus fort, und, indem sie sich alle schließlich zu einem gemeinschaftlichen Kanale, dem sog. Milchbrustgang (Ductus thoracicus) vereinen, ist dieser es, welcher aufsteigend vor der Wirbelsäule, den immer weiter veränderten Chylus dem Blute, und zwar in der Gegend des Schlüsselbeins, zuführt und überliefert. Der Chylus selbst bildet in diesen Kanälen eine rahmartige, weißlich-gelbliche Flüssigkeit, die vor Allem eiweißartige Verbindungen, Fett und die unorganischen Bestandtheile der Nahrungsmittel enthält, und in welcher sich, wie wir später noch ausführlicher hören werden, die sog. Chyluskörperchen, kleine microscopische Zellen, aus deren weiterer Umwandlung die Blutkörperchen hervorgehen, entwickeln.

Dem Blute in so veränderter Form beigemischt, werden die Nahrungsmittel zunächst dem Herzen und von dort aus den Lungen zugeführt, unterliegen hier der Einwirkung des durch die letztern beim Einathmen aufgenommenen Sauerstoffes, kehren mit dem Blute, und in der That jetzt Blut geworden, in das Herz zurück und werden von da aus endlich durch die Schlagadern weiter in die äußersten Theile des Körpers hinein verbreitet.

Das Blut, der Träger alles Bildungsmateriales des Körpers, besteht seinen Hauptbestandtheilen nach aus Wasser, Eiweiß, rothgefärbten Blutkörperchen oder Blutzellen und unorganischen Bestandtheilen. Enthält aber einer dieser Bestandtheile neue und andre Elementarstoffe als die Pflanze? Das Bluteiweiß hat eine durchaus ähnliche Zusammensetzung wie das Pflanzeneiweiß; die Blutzellen enthalten neben stickstoff-

haltigen und stickstofffreien Verbindungen insonderheit Eisen, und diesen Eisengehalt liefert die Pflanze, in der er nach neuern Untersuchungen namentlich den grünen Farbstoff begleitet, ebensowohl, wie jene organischen Verbindungen; die unorganischen Bestandtheile des Blutes endlich sind ebenfalls ganz dieselben, wie diejenigen der Pflanze, ausgenommen vielleicht das Kochsalz, welches wir, der menschlichen Nahrung wenigstens, besonders und in nicht unbedeutender Menge zusetzen. Und nicht anders mit denjenigen Bestandtheilen, die wir zur Zeit immer nur in geringen Mengen im Blute aufzufinden vermögen, mit dem Faserstoff, dem Fett, dem Zucker, den organischen Säuren u. s. w.; sie alle stammen direct aus der Pflanze her oder gehen aus der Metamorphose gewisser Pflanzenbestandtheile im Thierkörper hervor. — So zusammengesetzt giebt das Blut dann aber weiter den Nahrungs- und Bildungsstoff aller Körperbestandtheile her; die Muskeln, die Haut, die Knochen, die Nerven, sie alle finden in dem Blute ihre Bildungsquelle. Nach bestimmten Gesetzen treten die einzelnen Stoffe durch die überall geschlossenen Wandungen der Blutgefäße hindurch, es gehen aus ihnen außerhalb der Blutgefäße in schon vorhandenen Zellen oder durch Theilung derselben neue Zellen hervor; die Ernährungsflüssigkeit, welche die Zellen tränkt, wird von ihnen zusammengesetzt. Doch auch hier sollen sie nicht lange in der anfänglichen Form und Mischung verweilen. Der Sauerstoff, welchen das Blut in den Lungen aufnahm, übt ständig eine Einwirkung auf alle Körperbestandtheile, mit denen er in Berührung kommt, aus; er geht mit ihnen in- und außerhalb der Blutgefäße Verbindungen ein, er bedingt mannigfache Metamorphosen derselben und wird damit die Hauptursache des endlichen Zerfalls und der Auflösung derselben in einfachere, zur Ausscheidung aus dem Körper bestimmte Verbindungen. In Verbindung mit dem Kohlenstoff insonderheit der stickstofffreien Verbindungen bildet er Kohlensäure, in Verbindung mit dem Wasserstoff Wasser. Beide, als solche in das Blutgefäßsystem zurückkehrend, werden schließlich durch Haut und Lungen ausgeschieden, und, umgekehrt also wie die Pflanze unter dem Einfluß des Sonnenlichts, giebt der thierische Organismus Kohlensäure ab, während er Sauerstoff aufnimmt. Ein anderer Theil der organischen, und zwar der stickstoffhaltigen Verbindungen unterliegt andern Veränderungen.

Sie bilden schließlich Bestandtheile der Galle und des Harns. In dem lockern, stickstoffhaltigen Verbande des Taurins und Glycocolls, die wir als Gallenbestandtheile kennen, und vorzugsweise in dem des Harnstoffs und der Harnsäure verlassen sie den Organismus. Aber, kaum aus demselben hinausgetreten, zerfallen auch diese schon in die elementaren unorganischen Verbindungen, in Kohlensäure und Ammoniak, die als solche wieder in die Luft oder den Erdboden zurückkehren. Und die unorganischen Bestandtheile der Nahrungsmittel? Verbleiben sie etwa dem Organismus? Zum Theil allerdings ebensowohl, wie die organischen, denn beider bedarf der Thierkörper, um sich überhaupt zu bilden. Aber ein großer Theil derselben, ja im erwachsenen Thierkörper wohl der ganze Gehalt der Nahrungsmittel an ihnen, tritt in Gesellschaft der stickstoffhaltigen Verbindungen als nicht weiter für die thierische Oeconomie verwendbar durch Darmkanal und Nieren, eben so wie ein großer Theil des genossenen Wassers, aus dem Organismus hinaus.

Mit der nähern Betrachtung dieser Vorgänge, die wir unter dem einen Ausdruck des „thierischen Stoffwechsels" zusammenfassen, werden wir uns später beschäftigen. Hier galt es nur im Allgemeinen den Weg anzudeuten, welchen der Stoff bei seinem Durchgange durch den Organismus verfolgt; es galt die Metamorphosen zu bezeichnen, welche er in demselben erfährt. Wir halten es als das Hauptresultat derselben fest, daß, unter Aufnahme des Sauerstoffs aus der atmosphärischen Luft, alle stickstofffreien Bestandtheile der Nahrungsmittel, also alles Stärkemehl, aller Zucker, alles Fett u. s. w. in Kohlensäure und Wasser zerfallen, der größte Theil der stickstoffhaltigen Verbindungen aber, also des Pflanzenklebers, des Eiweißes u. s. w. den Organismus als Harnstoff und Harnsäure oder als Gallenbestandtheil verläßt. Durch Nieren oder Darmkanal werden daneben, in Gemeinschaft mit letztern, die unorganischen Bestandtheile und ein großer Theil des Wassers wieder entfernt. Sie bilden mit den stickstoffhaltigen, bald zu Kohlensäure und Ammoniak zerfallenden Auswurfsstoffen den Dünger unserer Felder, während die durch Haut und Lunge ausgeschiedenen Mengen von Kohlensäure und Wasser in die Atmosphäre, aus der sie stammten, zurückkehren. — Und wie die Pflanze selbst, aus ihrem Verbande mit der

mütterlichen Erde gelöst, des Lebens beraubt, verwesend in Kohlensäure, Ammoniak, Wasser und mineralische Bestandtheile zerfällt, eben so nach seinem Tode der thierische Organismus. Die ganze Masse organisirten Stoffes, die die Millionen von Thierleibern zusammensetzte, zerfällt nach dem Tode derselben zu Ammoniak, Kohlensäure und Wasser; sie wird wieder Bestandtheil der Luft oder des fruchtbaren Erdbodens. Nur ein Theil derselben, die mineralischen Verbindungen, die Asche, sie beginnen nicht sämmtlich ihren einmal vollendeten Kreislauf von Neuem. Die Tausende von Knochengerüsten, die auf unsern Kirchhöfen begraben liegen, sind dem allgemeinen Kreislauf entzogen; der phosphorsaure Kalk, der sie bildet, kehrt ohne unsre Vermittlung nicht zu den fruchttragenden Feldern zurück, und kommen wir hier der Natur nicht künstlich zu Hülfe, sorgen wir nicht dafür, daß auch diese mineralischen Bestandtheile dem Boden wiedergegeben werden, auf dem wir neue Frucht erndten wollen, so muß im Laufe der Zeit eine unvermeidliche Verarmung des Bodens an diesen Bestandtheilen eintreten, eine Verarmung, wie sie bereits in vielen Ländern nachgewiesener Maaßen eingetreten ist.

Was wir hier in kurzen Worten dargelegt haben, das stellt sich uns unwillkürlich in einem Bilde dar, und nicht nutzlos mag es erscheinen, wenn wir ein solches, in einfachster Weise entworfen, unserer Betrachtung hinzufügen. — Beginnend mit den in schwarzen Linien verzeichneten Elementarstoffen oder elementaren Verbindungen, wie wir sie als Bestandtheile unserer Atmosphäre oder des Erdbodens kennen lernten, verfolgen wir dieselben zunächst in den pflanzlichen Organismus hinein. Zu Pflanzenbestandtheilen geworden, in grünes Kleid gehüllt, sehen wir sie von dort aus theils, und zwar als verwesende Pflanze, zur Erde zurückkehren, theils aber als nährende Frucht übertreten in den thierischen vom (rothen) Blute durchkreisten Organismus. Hier, in Blut und Fleisch verwandelt, unterliegen sie der Einwirkung des in der Luft enthaltenen und ständig von der Pflanze regenerirten Sauerstoffs. Was Bestandtheil des Blutes und des Fleisches war, kehrt endlich theils in die Atmosphäre zurück, theils in den Erdboden, um einlenkend alsbald in die einmal vollendete Bahn, sich mischend mit den schon aus der verwesenden Pflanze hervorgegangenen oder den noch vorhandenen, ur-

sprünglichen Bestandtheilen der Luft und der Erde, den Kreislauf von Neuem zu beginnen.

Die Skizze kann selbstverständlich nur ein sehr allgemeines Bild geben, aber sie wird dennoch zum klaren Verständniß des Kreislaufs des Stoffes beitragen. Nur wenige Worte noch zu ihrer Erklärung. — Der Sauerstoff, von Anbeginn an ein Elementarbestandtheil der Luft, tritt als solcher und direct in die Pflanze sowohl, als das Thier ein. Aber seiner Aufnahme von Seiten des Thieres gegenüber, ist diejenige von Seiten der Pflanze eine nur sehr beschränkte; sie findet fast nur zur Nachtzeit Statt und gerade das Umgekehrte, die bei Tag stattfindende Exhalation von Sauerstoff bezeichneten wir ja als eine Hauptfunction der Pflanze. Wir lassen deshalb in unserer Skizze den Sauerstoff direct auch nur in den thierischen und nicht in den pflanzlichen Organismus eintreten; das Wesentlichste ist damit bezeichnet und einem Mißverständniß wird durch diese Bemerkung vorgebeugt sein. Der Stickstoff, ein zweiter ursprünglicher Elementarbestandtheil der Luft, wird gar nicht als solcher oder direct weder von der Pflanze, noch von dem Thiere aufgenommen. Dagegen verbindet er sich wahrscheinlich stets und unmittelbar mit dem bei der Verwesung der Pflanze freiwerdenden Wasserstoff zu Ammoniak und ist insofern von großer Bedeutung für die Ernährung der Pflanze. Wir haben deshalb den Stickstoff der Luft in unserer Skizze direct dem Wasserstoff der verwesenden Pflanze zugeführt und lassen dann beide, zu Ammoniak verbunden, in die Bahn des anderweitig entstandenen Ammoniak eintreten. — Die Kohlensäure zu dritt, sonder Zweifel seit dem ersten Erscheinen der Organismen auf der Erde ebenfalls in der Luft enthalten, tritt als solche nicht direct in den Thierkörper ein, wohl aber in die Pflanze. Ein Theil derselben verliert hier sehr wahrscheinlich seinen Sauerstoff; dieser Sauerstoff entweicht in die Luft, während der Kohlenstoff in organischer Verbindung zurückbleibt. Einen andern Theil können wir uns dagegen als Kohlensäure fortbestehend und weitergehend denken, denn der Sauerstoffgehalt der stickstofffreien und stickstoffhaltigen Verbindungen der Pflanze und weiterhin des Thieres war ursprünglich sicher zum großen Theil mit dem Kohlenstoff zu Kohlensäure verbunden und gelangte in dieser Form in die Pflanze hinein. Wir zeichnen uns aus diesem Grunde

die Kohlensäure als in einer continuirlichen Curve fortlaufend, verbinden derselben aber zugleich den Kohlenstoff der verwesenden Pflanze einer- und der Nahrungsmittel des Thieres andrerseits, denselben Kohlenstoff, welcher in der Pflanze seinen Sauerstoff verlor, sich aber theils in der Erde, theils im thierischen Organismus wieder mit dem Sauerstoff der Luft verbindet, um beider Orten zur Reproduction der von der Pflanze wieder aufzunehmenden Kohlensäure beizutragen. — Das Ammoniak weiter, welches mindestens eben so lange in der Luft enthalten ist, als Pflanzen und Thiere verwesen, tritt als solches ebenfalls direct nur in die Pflanze und nicht in das Thier ein. Wir wissen aber noch nicht, ob, wie und wo es in jener etwa in Stickstoff und Wasser, seine Elementarbestandtheile, zerfällt, ob nur sein Stickstoff- oder auch sein Wasserstoffgehalt als integrirender Bestandtheil in die organischen Verbindungen eintritt. Wir haben es deshalb in unserer Skizze vorläufig überall als Ammoniak auch seinen Weg fortsetzen lassen. — Das Wasser endlich, von Anbeginn an in Dunstform in der Luft enthalten, ständig derselben durch Verdunstung wiedergegeben und von ihr aus in der Form des Regens niederfallend, um Quellen, Bäche und Flüsse zu bilden, geht als solches und direct in den pflanzlichen sowohl, als thierischen Organismus über. Während aber ein Theil desselben unverändert den pflanzlichen Organismus sowohl, als den thierischen verläßt, während wir diesen Theil beiderseits eine continuirliche Bahn beschreiben sehen, erleidet ein andrer Theil in der Pflanze sonder Zweifel eine Zersetzung. Sein Sauerstoff entweicht in die Luft, sein Wasserstoff verbleibt als solcher den stickstoffhaltigen und stickstofffreien organischen Verbindungen; und diesen Wasserstoff finden wir einerseits in der verwesenden Pflanze wieder, wir finden ihn andrerseits in den stickstoffhaltigen Auswurfsstoffen des thierischen Organismus, oder deren weitern Zersetzungsproducten. Diese nur haben wir in unserer Skizze statt jener selbst verzeichnet.*) Hier

*) Um die Zeichnung des Kreislaufes des Stoffes nicht zu complicirt zu machen, habe ich den zum größten Theil verdunstenden Wassergehalt der thierischen Excreta, so wie das sich aus dem Wasserstoff- und Stickstoffgehalt derselben hervorbildende Ammoniak als aus dem Erdboden zu-

wie dort dient aber der Wasserstoff schließlich zur Ammoniakbildung; der Sauerstoff, mit dem er ursprünglich verbunden war, entwich schon von der Pflanze aus in die Luft und wurde ein elementarer Bestandtheil derselben. — Ueber die mineralischen Bestandtheile des Erdbodens und deren Kreislauf haben wir nichts Besonderes hinzuzufügen; die Bahnen derselben sind einfach und leicht verständlich. Nur das Natron und die Chlorwasserstoffsäure lassen wir auch direct in den thierischen Organismus eintreten, da sie in der That in der Form des Kochsalzes demselben in großer Quantität und ohne vorher Bestandtheil der Pflanze gewesen zu sein einverleibt werden. Wenn wir aber die Bahn des direct vom thierischen Organismus aufgenommenen Wassers in der Art zeichneten, daß sie alle Bahnen der unterirdisch kreisenden Stoffe schneidet, so mag damit zugleich angedeutet sein, daß sich ihm auf diesem seinem Wege, den es thatsächlich um Quellen und Bäche zu bilden durchläuft, gewisse Bruchtheile von allen jenen Stoffen beimischen, und daß es also auch in gewisser Weise eine directe Zufuhr dieser Stoffe für das Thier bedingt. Daß diese mineralischen Bestandtheile unseres Trinkwassers, trotz ihrer verhältnißmäßig geringen Menge, in der That sogar für die Ernährung des Thierkörpers von Bedeutung, d. h. zu Bestandtheilen desselben werden können, ist durch Versuche von Boussingault in unzweifelhafter Weise dargethan. *)

Wir wiesen oben schon darauf hin, wie wichtig die praktischen Consequenzen sind, welche sich aus einer richtigen Auffassung des Kreis-

---

nächst in die Luft übergehend dargestellt, wiewohl immerhin ein Theil derselben aus dem Erdboden, dem die Excreta als Dünger zugeführt wurden, direct in die Pflanze übergeht. Ebenso wurde der Wassergehalt der verwesenden Pflanze als verdunstend und sich zunächst dem Wassergehalt der Atmosphäre beimischend verzeichnet; den mit dem Stickstoff der Luft sich zu Ammoniak verbindenden Wasserstoffgehalt der verwesenden Pflanze leitete ich dagegen in die Bahn des sich im Erdboden aus den stickstoffhaltigen Pflanzenresten entwickelnden Ammoniaks ein.

*) S. Liebig's und Wöhler's Annalen Bd. 59. Hft. 3. Ein Theil des Kalkes im Knochensystem junger Schweine hatte nach genauen Untersuchungen des dargereichten Futters seine Quelle in dem kalkhaltigen Trinkwasser. —

laufes des Stoffes ergeben. Unsere so eben entworfene Skizze kann nur dazu dienen, dieselben noch anschaulicher zu machen. Gleichwie ein jeder Haushalt, im Großen sowohl, wie im Kleinen, nur dann ein glückliches Gedeihen finden kann, wenn seine Ausgaben durch die Einnahmen vollständig gedeckt werden, ebenso können auch Ackerboden und thierischer Organismus nur dann fruchtbringend und leistungsfähig bleiben, wenn ihnen die jährlichen und täglichen Ausgaben auch jährlich und täglich in genügender Weise ersetzt werden. Ein Minus an Einnahmen führt dort, wie hier zur Armuth, zur kümmerlichen Existenz; aber ein Plus ist eben so wenig segensreich. Wie es hier nur zu leicht zu verweichlichendem Luxus, zur aufreibenden Schwelgerei Veranlassung giebt, so erzeugt es auch dort nur wucherndes Unkraut und Krankheit, oder wird im günstigsten Falle als todtes Capital zum Nachtheil von Andern dem Verkehr entzogen. Soll der Boden fruchtbar bleiben, so müssen ihm alljährlich auch diejenigen Stoffe wieder zufließen, welche ihm in der vorigjährigen Erndte entzogen wurden; fehlt nur einer derselben, bleibt nur eine unserer Bahnen leer, so wird das nächstjährige Gedeihen kein vollkommenes sein können. Und soll der thierische Organismus täglich zu neuer Arbeit, zu neuer Leistung fähig bleiben, so bedarf er in ganz gleicher Weise des täglichen Ersatzes all derjenigen Stoffe, die er im Verlaufe des verflossenen Tages verausgabte. Diese beiden Grundsätze können wir mit Recht als die obersten der Agriculturchemie und der Diätetik bezeichnen; sie sind so einfach und klar, daß man sich nur darüber wundern muß, daß eine so lange Zeit erforderlich war, bis sie zur Geltung gelangt sind, ja daß sie selbst heutigen Tages noch vieler Orten keinen Eingang gefunden haben.

Der Satz: „gebet dem Boden, was Ihr ihm genommen und ersetzet dem Organismus, was er verloren, wenn anders Ihr glückliches Gedeihen der Saaten und dauernde Arbeitskraft erwerben wollt," behält unter allen Umständen seine Richtigkeit. Aber es ist in jedem einzelnen Falle die Frage, was ist dem Boden genommen, was hat der Organismus verloren? Nicht jede Frucht entzieht dem Boden in gleicher Weise die sämmtlichen Bestandtheile; nicht jede Arbeit greift die sämmtlichen Organe des Körpers in gleicher Weise an. Die Praxis hat die Frage zum Theil schon längst beantwortet, die Theorie der

Praxis fängt aber erst heutigen Tages an in ein klareres Licht zu treten. Was die Landwirthe als Wechselwirthschaft bezeichnen, das ist eine Praxis, deren Theorie einfach die ist, daß die eine Pflanze dem Boden vorzugsweise die einen, eine andre Pflanze vorzugsweise andre Bestandtheile entzieht. Läßt man also diese Pflanzen im Anbau des mit allen nothwendigen Bodenbestandtheilen versehenen Feldes aufeinander folgen, so werden sie beide gedeihen können, ohne daß dem Felde inzwischen auch nur etwas gegeben zu werden braucht; was die zuerst angebaute Pflanze entzog, bedarf eben die zweite nicht; und was diese bedarf, hat die erstere nicht fortgenommen. Haben aber beide, oder selbst drei und vier verschiedene Früchte ihre Reife auf demselben Acker vollendet, so wird und muß eine Verarmung des Bodens eintreten, falls ihm nicht durch den Dünger u. s. w. all diejenigen Bestandtheile wieder überliefert werden, welche ihm in den zwei, drei oder vier Erndten genommen wurden. Liefen in der That die einzelnen Stoffe, die wir im obigen Bilde verzeichneten, sämmtlich ihre Bahnen in der Weise, wie wir sie darstellten und wie die Natur es fordert, kehrten sie alle und nach jeder Erndte zu dem Ackerboden und zu der Luft, deren Bestandtheile sie ursprünglich waren, in derselben Quantität zurück, in welcher sie ihnen durch die Erndte genommen wurden, so könnte niemals eine Verarmung des Bodens eintreten. Aber dem ist nicht so. Wie oben schon angedeutet, ein Theil der Bestandtheile der Pflanze, die als Nahrungsmittel dem thierischen Organismus einverleibt werden, kehrt in Folge unserer hergebrachten Sitten gar nicht zu den fruchttragenden Feldern zurück, einen andern Theil (die thierischen und menschlichen Excremente) führt man ihnen verschwenderischer oder besser nachlässiger Weise in gänzlich unbedachtsamer Art oder auch gar nicht wieder zu, bis die unausbleibliche Erfahrung schließlich einen dringenden Mahnruf erläßt. Muß denn in dieser Weise nicht eine Verarmung des Bodens an gewissen nothwendigsten Bestandtheilen entstehen? Kann man ohne Einnahme und ohne unerschöpflicher Capitalist zu sein, ständig die laufenden Ausgaben bestreiten? In unsern nationalökonomischen Verhältnissen wird in dieser Beziehung noch Vieles zu leisten sein, und es würde sicherlich ganz anders um die Fruchtbarkeit unserer Felder aussehen, wenn man mit ihnen eben so gut Rechnung führte, wie mit seinen

Creditoren und Debitoren, wenn man erst zu der Einsicht gelangte, daß die Stoffe, welche wir dem Felde in der Erndte entziehen, nur zum Theil in der Luft unerschöpfliche Quellen besitzen, zum großen Theil aber nicht vom Himmel regnen. Wenn wir Massen von thierischen und menschlichen Auswurfsstoffen unbenutzt verwerfen, so ist das eine Capitalverschwendung und es würde leicht zu berechnen sein, daß eine Stadt von 50,000 Einwohnern jährlich mindestens ein Capital von eben so vielen Thalern durch die mangelhafte Einsicht in den Haushalt der Natur verliert. Die Wechselwirthschaft, von der wir so eben sprachen, sagt Liebig noch kürzlich,*) ist bis dahin noch „ein Zwang für den Landwirth." Er ist bei der bisherigen Art und Weise des Ackerbaues genöthigt, mit den Saaten zu wechseln, und je nach Umständen der Localität, der Zeit u. s. w. kann ihm hierdurch ein beträchtlicher Schaden erstehen. Aber es bedarf kaum noch der besondern Erwähnung, daß auch dieser Zwang sein Ende gefunden haben muß, sobald der Landwirth in jedem einzelnen Falle nur berechnet, was er in der verflossenen Erndte dem Boden entzogen hat und solche Berechnung ist heutigen Tages keine Aufgabe von Bedeutung. Sorgt er dann dafür, daß der Boden zeitig genug all die ihm genommenen Bestandtheile in der Form eines Düngers zurückempfängt, — und es steht zu hoffen, daß Mittel und Wege gefunden werden, durch welche eine solche Zurückgabe auch von Seiten der Kostspieligkeit des Düngers keine Hindernisse mehr erfährt —, so wird er mit Sicherheit auch im nächsten Jahre dieselbe Frucht anbauen können, die er im verflossenen Jahre anbaute; die Natur zwingt nicht mehr ihn, er macht sich vielmehr die Natur unterwürfig. —

Und ganz ähnlich verhält es sich mit dem thierischen Organismus. Zwar wird hier stets eine Wechselwirthschaft erforderlich, ein Zwang nicht zu beseitigen sein; trotz aller auch noch so richtig gewählten Zufuhr an Nahrungsstoffen unterliegt das Nervensystem des Thieres nach einer gewissen Zeit der Thätigkeit allemal einer Erschlaffung, die sich nur in der gänzlichen Ruhe oder in dem richtig gewählten Wechsel der Beschäftigung restituirt. Dieses Verhältniß zu besiegen wird immer eine Unmöglichkeit bleiben; wir vermögen es nicht, die verwandte Kraft

*) S. Liebig's Grundsätze der Agriculturchemie. Braunschw. 1855. pag. 35.

direct und als solche dem Organismus oder dem Nervensystem wieder zuzuführen. In jeder andern Beziehung aber trifft die Theorie des Wiederersatzes auch hier zu. Dem Arbeiter, der täglich eine bestimmte Quantität stickstoffhaltiger, stickstofffreier und unorganischer Verbindungen verausgabt oder verbraucht, muß täglich auch dieselbe Quantität ersetzt werden; fehlt auch nur ein Bestandtheil der Nahrung, so wird die ganze Ernährung mangelhaft sein und die Unfähigkeit zu weitern Leistungen kann nicht ausbleiben. Noch manche Frage ist hier zu lösen. Was soll dem Tagelöhner, was dem Gelehrten, was dem in sitzender Stellung arbeitenden Handwerker vorzugsweise als Nahrungsmittel dienen? Verschiedenheiten in den erforderlichen Nahrungsmitteln sind hier eben so sehr erforderlich, wie bei einem Lande, das Roggen und bei einem Lande, das Rüben tragen soll. Doch es kommt darauf hier noch nicht an; es gilt uns nur, auch für den thierischen Organismus den Satz als unfehlbar richtig hinzustellen, daß ihm in seinen Nahrungsmitteln auch dasjenige stets zufließen muß, was ihm in Folge seiner Lebensverhältnisse u. s. w. entzogen wird, und darunter sind nicht nur etwa die organischen Verbindungen, die in der Pflanzen- oder thierischen Nahrung enthalten sind, zu verstehen, die Curven unseres Bildes haben vielmehr alle eine gleiche Stärke, und sicher werden ungestraft die mineralischen Bestandtheile, die ursprünglich dem Erdboden angehörten, auch in der Nahrung des Menschen und Thieres nicht fehlen dürfen, ja wir wissen es mit Bestimmtheit, daß, wenn sie fehlen, das Thier eben so wenig gedeiht, wie die Pflanze auf einem Boden, dem es an den gleichen Bestandtheilen mangelt.

Was die einzelne Pflanze, was das einzelne Thier oder der Mensch an Nahrungsmitteln bedarf, das hat die Agriculturchemie und die Diätetik näher zu untersuchen. Wir werden später noch darauf zurückkommen. Entspricht aber die Kraft dem Stoff, — und dieser Satz läßt sich unbedingt für den thierischen Organismus ebensowohl, wie für den Ackerboden als richtig erweisen —, so bedarf es keines Weitern, um darzuthun, von welch' weittragender Bedeutung die richtige Erkenntniß der Quantität und Qualität des Stoffes ist, welche das Maximum an Kraft hervorzubringen vermögen, von welch' hoher Wichtigkeit damit die Aufgaben der Agriculturchemie und der Diätetik sind.

Und zum Schluß noch eins. Bei dem Rückblick auf das eben verfolgte Bild denken wir noch einmal zurück an einzelne Punkte unseres 5ten Vortrages, denken an diejenigen, die in der Natur Nichts anerkennen wollen, als dasjenige, was wir mit unsern schwachen Augen oder Sinnen begreifen und wahrnehmen können. Aber wenn wir bewundernd die Bahnen betrachten, die im ewigen Kreislauf und in gesetzmäßig geregelter Weise der Stoff zurücklegt, wenn wir staunend der Harmonie der denselben regierenden und von ihm untrennbaren Kräfte gedenken, der Kräfte, die den Aufbau des pflanzlichen wie thierischen Organismus regeln, ist es uns dann erlaubt zu fragen: Wer dem Stoff zuerst diese seine Bahnen wies, wer die demselben zugehörigen oder ihn beherrschenden Kräfte zuerst so zusammentreffen hieß, daß jene wunderbaren Resultate aus ihm hervorgingen, welche uns die Erde täglich zu Millionen vorführt? Ich meine, es kann kein blindes Ungefähr sein, was diese Welt erschuf, und vergebens wird das Bemühen sein unter der Firma naturwissenschaftlicher Forschung den Gott aus der Welt hinauszudemonstriren, dessen Dasein, dessen unermeßliche Größe uns jedes Blatt des Baumes verräth. Unsere wachsende Erkenntniß von der Bedeutung des Stoffes und der von ihm untrennbaren Kräfte führt uns überall in der Natur auch zu der Erkenntniß unwandelbarer Gesetze. Aber ob auch diese Gesetze seit Millionen von Jahren bestehen, ob auch ihre glückliche Erkenntniß uns das erste und heutige Entstehen, Wachsen und Vergehen der Organismen zum großen Theil begreiflich macht, es thut das der mächtigen Gewalt keinen Abbruch, mit welcher sie uns eben selbst die Ueberzeugung aufdrängen, daß eine unsichtbare Macht sie dennoch einstmals gab, dieselbe Macht, welche in rastlosem Walten mit den gleichen Stoffen, Kräften und Gesetzen sich vielleicht eine noch ganz andre Welt zu erschaffen beabsichtigt, als diejenige, deren nur ephemere Zeugen wir sind. —

Und zum Schluß noch eins. Bei dem Rückblick auf das eben verfolgte Bild denken wir noch einmal zurück an einzelne Punkte unseres 1ten Vortrages, denken an diejenigen, die in der Natur Nichts anerkennen wollen, als dasjenige, was wir mit unsern schwachen Augen oder Sinnen begreifen und wahrnehmen können. Aber wenn wir bewundernd die Bahnen betrachten, die im ewigen Kreislauf und in gesetzmäßig geregelter Weise der Stoff zurücklegt, wenn wir staunend der Harmonie der denselben regierenden und von ihm untrennbaren Kräfte gedenken, der Kräfte, die den Aufbau des pflanzlichen wie thierischen Organismus regeln, ist es uns dann erlaubt zu fragen: Wer dem Stoff zuerst diese feine Bahnen wies, wer die demselben zugehörigen oder ihn beherrschenden Kräfte zuerst so zusammentreffen ließ, daß jene wunderbaren Resultate aus ihm hervorgingen, welche uns die Erde täglich zu Millionen vorführt? Ich meine, es kann kein blindes Ungefähr sein, was diese Welt erschuf, und vergebens wird das Bemühen sein unter der Firma naturwissenschaftlicher Forschung den Gott aus der Welt hinauszudemonstriren, dessen Dasein, dessen unermeßliche Größe und jedes Blatt des Baumes verräth. Unsere wachsende Erkenntniß von der Bedeutung des Stoffes und der von ihm untrennbaren Kräfte führt uns überall in der Natur auch zu der Erkenntniß unwandelbarer Gesetze. Aber ob auch diese Gesetze seit Millionen von Jahren bestehen, ob auch ihre glückliche Erkenntniß uns das erste und heutige Entstehen, Wachsen und Absterben der Organismen zum großen Theil begreiflich macht, es thut das der mächtigen Gewalt keinen Abbruch, mit welcher sie uns eben selbst die Ueberzeugung aufdrängen, daß eine unsichtbare Macht sie dennoch einst wohl gab, dieselbe Macht, welche in rastlosem Walten mit den gleichen Stoffen, Kräften und Gesetzen sich vielleicht eine noch ganz andere Welt zu erschaffen beabsichtigt, als diejenige, deren nur schwache Zeugen wir sind. —

Siebenter Vortrag.

Der innere Bau der Pflanze.

Was wir in vorstehendem Vortrage flüchtig skizzirten, wollen wir jetzt und in unseren fernern Betrachtungen weiter ausführen. Versetzen wir uns in die Natur selbst hinein. Eine anmuthige Landschaft liegt vor unsern Augen. Eine prächtige Baumgruppe begränzt sie zur Linken; auf einer Wiese im frischen Grün, durch einen Bach von jener getrennt, weiden Kühe; ihr Hirt, zur Rechten an einen Baumstamm gelehnt, schnitzt aus dürrem Holze nützliche Geräthe; Mädchen tragen die Milch, welche ihnen die Heerde lieferte, dem im Hintergrunde gelegenen Dorfe zu; aus einem leicht bewölkten Himmel fällt ein helles Sonnenlicht auf die Gruppe zur rechten Hand und auf die Wiese nieder, so weit sie nicht von der Baumgruppe beschattet ist. Welch' reicher Stoff für unsre Betrachtungen! Da findet sich Alles, was Gegenstand derselben zu werden bestimmt ist. — Doch nicht an den äußern Farben und Formen bleibt unser Blick hängen. Die Naturforschung lichtet das Kleid, das mit den lieblichsten Farben die Landschaft deckt, und wie wir hinter denselben schon jetzt deutlich die Bahnen laufen sehen, in denen der kreisende Stoff sich bewegt, so wollen wir, das Kleid noch weiter lüftend, bis in das Einzelne hinein, mit Allem was an ihnen hängt, diese Bahnen verfolgen und in sorgfältiger Zeichnung unser Bild zu vervollständigen suchen. Es gilt, den Bau des pflanzlichen und thierischen Organismus, die Entwicklung derselben vom zarten Keim aus darzulegen, es gilt darzuthun, was den todten Stoff in lebendige Form zusammenfügt und wieder die lebendige Form zerstört, was den Stoff in seinen Bahnen fesselt, was den Bewegungs-, den Lebenserscheinungen überhaupt ihr Dasein giebt.

Wird es uns möglich sein, ohne besondere Hülfsmittel diesen unsern Zweck zu erreichen? Die dem Begriffe kaum zugänglichen Zeit- und Größenverhältnisse, mit denen wir es in unsern ersten Betrachtungen zu thun hatten, ermittelt der Astronom nicht ohne die Hülfe der mächtigsten Fernröhre; sie verkleinern den Raum, der den Beobachter von seinem Gegenstande trennt. Die Verhältnisse, um die es sich für uns jetzt handeln soll, erfordern eine ähnliche, nur umgekehrte Hülfe. Nur durch Microscope, die dem Auge den kleinsten Raum zu deutlichen und meßbaren Größen zu erweitern bestimmt sind, vermag sich der Physiolog ein klares Bild von seinen Objecten zu verschaffen, nur mit ihrer Hülfe ist es gelungen, den feinern Bau der pflanzlichen und thierischen Organismen zu enträthseln. Mächtig fördernd war die Erkenntniß dieses Baues für die gesammte Physiologie; ohne sie, ohne die Beobachtungen eines Schleiden, von Mohl, Hofmeister und Schacht, ohne die eines Schwann, Ehrenberg, Kölliker u. A. würde dieselbe nicht diejenigen Fortschritte gemacht haben, welche wir als ein so bedeutendes Ereigniß der letzten Jahrzehnde bezeichnen dürfen. Und das Hauptresultat all dieser Forschung? Es ist kein andres, als daß in den scheinbar complicirtesten Formen, in den verschiedensten Organismen überall dieselbe bewunderungswürdige Einfachheit herrscht, überall dieselben Elementarformen, überall durchaus gleiche oder ähnliche Bildungsgesetze aufzufinden sind. Wie mit dem Stoff, so ist's mit der Form; mit den einfachsten und wenigsten Mitteln hat die Natur ihre großartigen Resultate erreicht. — So wollen denn auch wir, mit dem Microscope zur Hand, jene Verhältnisse des kleinsten Raumes, den Bau des pflanzlichen und thierischen Organismus betrachten. — Beginnen wir mit der Untersuchung des innern Baues der Pflanze.

Schon früher wurde es kurz angedeutet, daß die ganze Pflanze aus einzelnen Zellen bestehe; Tausende derselben sind zusammengefügt, um ein einziges Blatt zu bilden, Billionen, um eine nur kleine Pflanze herzustellen. Was aber ist denn eine Zelle? Wie entsteht dieselbe? Auch diese letztere Frage wollen wir hier schon einer nähern Prüfung unterziehen, da ihre Beantwortung für das Verständniß vom innern Bau der Pflanze, wenn nicht durchaus nothwendig, doch überaus wünschenswerth erscheint.

Es läßt sich kurz sagen, was eine Pflanzenzelle in ihrer einfachsten Form ist. Sie stellt ein rundliches Gebilde von $^1/_{300}$ — $^1/_{10}$ Linie Durchm. dar, bestehend aus einer Wand, der sog. Zellwand oder Zellhülle, einem mehr oder weniger flüssigen Inhalt, dem sog. Zellsaft und einem in diesem schwimmenden Kern, dem sog. Zellenkern. Die Zellwand selbst wieder besteht aus einem äußerst zarten Häutchen, an welchem sich aber nirgends Poren oder Löcher befinden; der Zellsaft stellt eine Auflösung stickstoffhaltiger, stickstofffreier und unorganischer Verbindungen in Wasser dar; der Zellenkern ist seiner chemischen Zusammensetzung nach noch nicht genau bekannt. Wie aber entsteht diese Zelle? Wir müssen uns darüber etwas ausführlicher verbreiten.

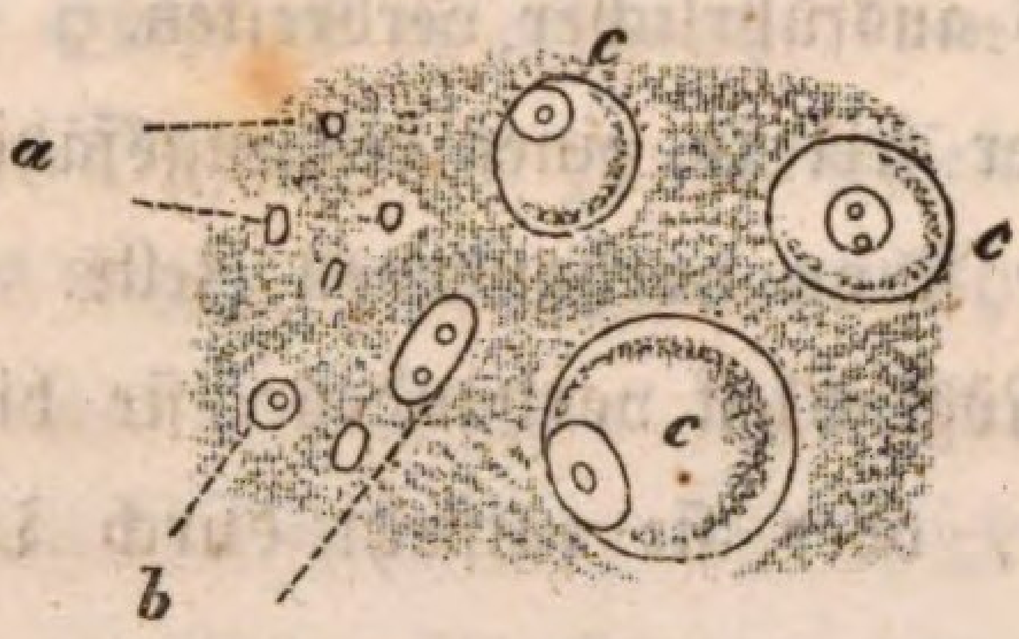
Eine Pflanzenzelle entsteht entweder frei in einer bildungsfähigen Flüssigkeit oder sie bildet sich in einer schon vorhandenen Zelle. In letzterm Falle ist wieder eine doppelte Möglichkeit vorhanden: sie bildet sich nämlich entweder frei in der Urzelle, oder sie entsteht durch Theilung derselben.

Was die ganz freie Entstehung von Zellen anbetrifft, *) so wird dieselbe vor Allem in gährungsfähigen Flüssigkeiten, welche unter allen Umständen gewisse stickstoffhaltige, stickstofffreie und unorganische Verbindungen enthalten und nur dadurch eine Bildungskraft besitzen, beobachtet. Wenn man den Saft von süßen Früchten auspreßt, durch sorgfältige Filtration klärt und bei einer Temperatur von circa 15° R. stehen läßt, so bemerkt man nach etwa 24 Stunden eine Trübung der Flüssigkeit und erkennt unter dem Microscop darin eine Menge von Körnchen, welche vorher nicht vorhanden waren. Einzelne dieser Körnchen sind ganz isolirt, um andre sehen wir, wie um einen Mittelpunkt, mehre andre angehäuft. Allmählig aber verlieren diese um das centrale Körnchen angehäuften Körnchen ihre distincte Form, sie verschmelzen gleichsam und es entsteht in dieser Weise schließlich ein scheibenförmiges Gebilde, welches ein oder mehre Körnchen einschließt, ein Gebilde, wel-

*) Vgl. hierüber Schleiden: Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. I. 1849. S. 206. — Hugo von Mohl: „Die vegetabilische Zelle" in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. IV. S. 218. — Schacht: die Pflanzenzelle. 1852. S. 50.

ches wir nun den Zellenkern nennen. Nach weitern 20—24 Stunden ist der Bildungsproceß schon weiter vorgeschritten. Um die Kerne schlägt sich zunächst eine mehr oder weniger zähe und körnige Bildungsmasse nieder, und nicht lange, so hat sich aus dieser eine äußerst zarte Hülle, welche Kern und Bildungsmasse umschließt, hervorgebildet. Das ist die Zellwand oder Zellhülle. Den Kern finden wir jetzt inmitten der eingeschlossenen Flüssigkeit schwimmen oder er liegt, wie es meistens der Fall ist, der Zellwand an. Die Zelle ist damit fertig (Fig. 69). — Zellwand, mehr oder weniger flüssiger Inhalt und Zellenkern sind die wesentlichen Bestandtheile einer jeden Zelle. — Die Aufeinanderfolge der Vorgänge in der beschriebenen Weise unterliegt kaum noch irgendwo einem Zweifel; das Einzige, worüber noch Differenzen obwalten, ist die Bildung der Zellhülle. Hugo von Mohl, welcher die äußerste, consistentere Schicht der sich zunächst um den Zellkern niederschlagenden, vorzugsweise stickstoffhaltigen Bildungsmasse den Primordialschlauch nennt, ist der Ansicht, daß dieser die Zellhülle producire; ein neuerer Forscher, Dr. N. Pringsheim,**) läßt dagegen den Zellstoff als solchen an der Grenze zwischen dem Mohl'schen Primordialschlauch und dem innern flüssigern Theil der Umhüllung des Kernes entstehen, und sich dann erst, und zwar zunächst in mehr oder weniger flüssiger Form, auf der äußern Fläche des Primordialschlauches ablagern. Darin jedoch stimmen alle Beobachter überein, daß der die Zellhülle bildende Zellstoff eine stickstofffreie, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehende Verbindung ist; eine Verbindung, für deren Zusammensetzung von Payen und Mitscherlich die allgemein geltende Formel: $C_{12}H_{10}O_{10}$

Fig. 69.



Erste Zellenbildung (im Embryosack von Cynoglossum officinale) nach Schacht. (a. Erste Körnchen; b. Zellenkerne. c. Zellen.)*)

---

*) Copie nach Schacht. Pflanzenzelle. Taf. VI. Fig. 6.

**) Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle. Berlin 1854.

ermittelt wurde, und welche allgemein unter dem Namen der Cellulose bekannt ist. —

Die Beobachtungen in Betreff dieser formellen Bildungsverhältnisse der Pflanzenzelle lassen sich leicht mit Hülfe eines Microscops wiederholen. Bei Weitem schwieriger ist die Frage zu lösen, wie sich der Bildungsvorgang chemischerseits verhält. Allein auch über dieses Verhältniß haben wir, und zwar durch Mitscherlich's überaus interessante Arbeiten, bereits Aufklärung bekommen. *) Machen wir uns auch damit schon hier in aller Kürze bekannt.

Als Object seiner Untersuchungen wählte Mitscherlich einen Malzauszug, die sog. Bierwürze. Dieselbe besteht bekannter Maaßen einmal aus Wasser und denjenigen mineralischen Bestandtheilen, welche ein jedes, nicht destillirte Wasser enthält, und andrerseits aus denjenigen Bestandtheilen, welche das Wasser aus der keimenden Gerste ausgezogen hat. Unter diesen befinden sich stets eiweißartige (stickstoffhaltige) Verbindungen, stickstofffreie Stoffe, insonderheit Zucker, und wieder mineralische Bestandtheile, unter denen Phosphorsäure, Kalk, Kali und Magnesia wohl selten oder niemals fehlen. Bleibt nun diese Bierwürze bei einer geeigneten Temperatur stehen, leitet man die Biergährung in ihr ein, so bildet sich bekanntlich die sog. Hefe. Diese Hefe ist aber nichts als eine Masse von wirklichen pflanzlichen Zellen, den sog. Hefenzellen, wie es die Beobachtung unter dem Microscop sofort darthut. Es kam Mitscherlich jetzt darauf an zu ermitteln, welche Bestandtheile der Bierwürze in die Zellenbildung eingegangen, welche andrerseits in der Flüssigkeit, also dem Biere, zurückgeblieben waren. Sobald daher die Hefe gebildet war, trennte er dieselbe vom Biere und untersuchte nun beide gesondert. Dabei ergab es sich dann zunächst, daß während die Bierflüssigkeit kaum einige Tausendtel eiweißähnlicher (stickstoffhaltiger) Materien enthielt, in den Zellen 4—5 Hunderttheile davon enthalten waren. Es befanden sich also diese Materien in den Zellen in einem bei Weitem concentrirteren Zustande, als in der Flüssigkeit; es war offenbar ein relativ beträchtlicher Theil des Gehaltes der Bierwürze an eiweißartigen Stoffen in die Verbindung der die Zellen bildenden Sub-

*) S. Monatsberichte der Berliner Akademie. 1845.

stanzen eingegangen und damit der Bierwürze selbst entzogen. Als zweites Resultat stellte sich daneben das sehr beachtenswerthe Verhältniß heraus, daß die Zellensubstanz die Flüssigkeit (das Bier) hinsichtlich der mineralischen Bestandtheile (Aschenbestandtheile) um mehr als das 25fache übertraf. Es waren enthalten in:

	1000 Grm. Hefenzelle	1000 Grm. Bier
Phosphorsäure	30,0 Grm.	0,61 Grm.
Kali	22,0 „	1,25 „
Natron	— „	0,01 „
phosphorsaure Magnesia .	17,2 „	0,61 „
phosphorsaure Kalkerde .	7,4 „	0,08 „
Kieselsäure	— „	0,51 „
Summe d. Aschenbestandtheile	76,6 Grm.	3,07 Grm.

Also auch von den unorganischen Bestandtheilen der Bierwürze war eine verhältnißmäßig sehr bedeutende Menge bei der Zellenbildung Bestandtheil der Zelle selbst geworden, und wir können daraus mit Bestimmtheit folgern, daß auch diese unorganischen Verbindungen von großer Bedeutung für die Zellenbildung sind. Wie wir sehen, waren aber die einzelnen Mineralstoffe keineswegs in gleichem Verhältniß in die Zellen übergegangen, es hatte hier vielmehr eine Wahlanziehung stattgefunden, eine Vertheilung der einzelnen Stoffe, die sogleich klar zu Tage tritt, wenn wir die aufgefundenen Mengen derselben in 76,6 und 3,07 Theilen Asche auf je 100 Theile Asche berechnen. Diese Berechnung ergiebt, daß in 100 Grm.:

	Hefenasche	Bierasche
Phosphorsäure	39,5	20,0
Kali	28,3	40,8
Natron	—	0,5
phosphorsaure Magnesia . .	22,6	20,0
phosphorsaure Kalkerde . .	9,7	2,6
Kieselsäure	—	16,6

enthalten waren. Wir dürfen daraus mit Sicherheit abnehmen, daß die unorganischen Bestandtheile der Bierwürze keineswegs alle in gleichem Maaße bei dem Zellenbildungsproceß betheiligt sind; wir dürfen schlie-

ßen, daß für den letztern insonderheit die Phosphorsäure und der phosphorsaure Kalk von großer Bedeutung sind, denn jene findet sich in der Hefenasche im Verhältniß zur Bierasche in fast doppelter, dieser aber in fast dreifacher Menge; daß ferner die Kieselerde für die Zellenbildung gar keine Bedeutung besitzt, das Kali dabei eine nur untergeordnete, die phosphorsaure Magnesia dagegen wieder eine erheblichere Rolle spielt. — Es bedarf keiner besondern Bemerkung, um nachzuweisen, wie überaus wichtig diese Resultate für die Physiologie und für die Praxis sind. Handelt es sich überall, in der Pflanze sowohl, wie im Thier, um Zellenbildung, ist alles Wachsthum, alles Gedeihen von ihr abhängig, so ist selbstverständlich auch eine genaue Kenntniß der dabei in Frage kommenden chemischen Verhältnisse, eine Kenntniß des erforderlichen Bildungsmaterials von der weittragendsten Bedeutung.

Die zweite Art der Zellenentstehung ist, der originären gegenüber, die secundäre, d. h. die Bildung von Zellen innerhalb oder aus einer schon vorhandenen sog. Ur- oder Mutterzelle. Wir wollen hier vorläufig nicht untersuchen, woher in jedem einzelnen Falle die Urzelle stammt; eine jede einmal vorhandene Zelle kann möglicherweise die Mutterzelle anderer werden. Für uns ist jetzt nur zu wissen nothwendig, daß die secundäre Zellenbildung in verschiedener Weise erfolgt und zwar entweder durch ein freies Entstehen junger Zellen im Innern der Urzelle oder durch eine Theilung der letztern.

Die freie Zellenbildung innerhalb einer Ur- oder Mutterzelle geht in eben derselben Weise vor sich, wie in der oben erwähnten freien Bildungsflüssigkeit. Die Urzelle haben wir als eine mit solcher Flüssigkeit, d. h. also einem stickstoffhaltige, stickstofffreie und unorganische Verbindungen enthaltenden Fluidum gefüllte kennen gelernt. In diesem Fluidum entstehen Körnchen und Kerne, um diese sammelt sich wieder eine größere oder geringere Menge Bildungsflüssigkeit (das sog. Protoplasma) an, die Bildungsflüssigkeit gränzt sich nach und nach nach außen hin (als Primordialschlauch) ab, bis endlich das Ganze wieder von der Cellulosemembran oder Zellhaut umschlossen wird. Diese Art der Zellenentstehung wird beobachtet bei der Bildung der ersten Zellen im sog. Embryo- oder Keimsack, ferner bei der Bildung der Sporen (Keimzellen) einiger Pilze, Flechten und Algen.

Die Zellenbildung durch Theilung einer Urzelle oder Mutterzelle erfolgt in andrer Weise; über das feinere Detail dieses Vorganges herrschen jedoch noch einige, wenn auch nur unerhebliche Differenzen. Hugo von Mohl drückt sich folgendermaaßen darüber aus.*) „Die Zellenbildung," sagt er, „wird durch Veränderungen eingeleitet, welche der Primordialschlauch der sich theilenden Zelle erleidet und in deren Folge sich Scheidewände entwickeln, welche von der Peripherie der Zelle allmählig nach innen zu wachsen und die Zellhöhlung in zwei oder mehre getrennte Höhlungen abtheilen. Diesem Processe geht in beinahe allen Fällen eine Bildung von eben so vielen Zellenkernen, als sich in der Mutterzelle Abtheilungen bilden, voraus, in seltenen Fällen (nur bei den sog. Zellenpflanzen und vorzugsweise bei Algen) fehlt dagegen dieser Vorgang." Den Vorgang bei der Bildung der Scheidewand selbst beschreibt er dann in folgender Weise: „Die Zellen sind von einem Primordialschlauche ausgekleidet, auf dessen innerer Seite eine Schichte von Chlorophyllkörnern **) liegt, welche sich auf Einwirkung von Substanzen, welche dem Leben der Pflanze schädlich sind, wie von Alkohol, Säuren u. s. w. vom Primordialschlauche lostrennt, so wie sich der letztere seinerseits unter diesen Umständen von der Zellwandung ablöst. An der Stelle, an welcher sich eine Scheidewand bildet, wächst aus dem Primordialschlauche eine ringförmige Falte hervor, welche sich allmählig verengt und die Chlorophyllschichte, die sich eine Strecke weit vom Primordialschlauche ablöst, mehr und mehr zusammenschnürt. Während dieser Zeit setzt sich auf der ganzen äußern Fläche des Primordialschlauchs eine Cellulosenmembran ab; so weit diese zwischen der äußern Fläche des Primordialschlauches und der innern Fläche der sich theilenden Zelle verläuft, reiht sie sich den secundären Schichten der letztern, als deren jüngste und innerste an; an der Stelle dagegen, wo der Primordialschlauch die beschriebene Einfaltung bildet, setzt sich diese Cellulosenhaut in die Duplicatur der Falte fort und bildet so eine aus einer doppelten Membran bestehende, ringförmige, dünne, unvoll=

---

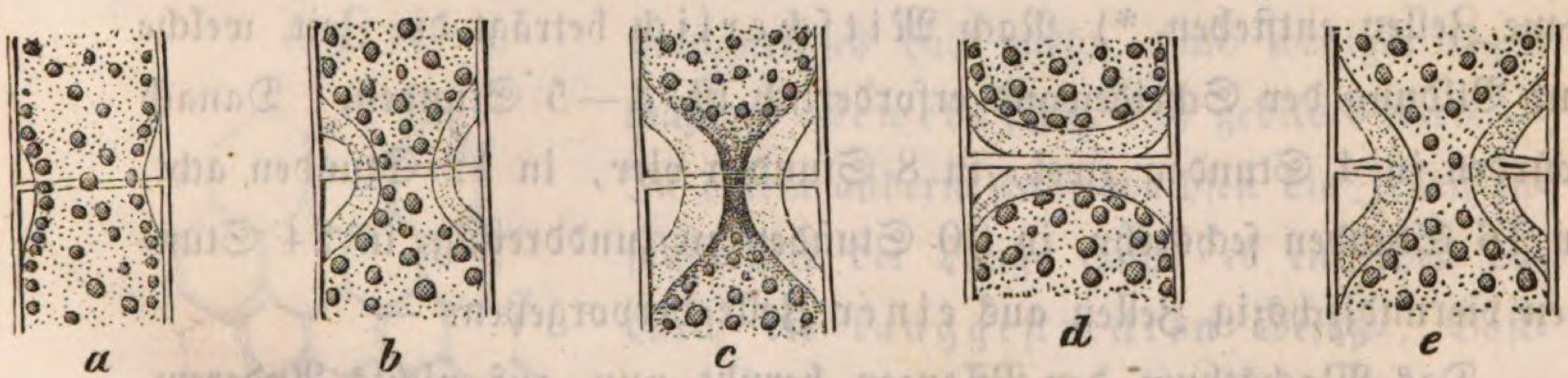
*) A. a. O. S. 211.

**) Das sog. Blattgrün, Chlorophyll, das den Blättern u. s. w. die grüne Farbe giebt, besteht aus kleinen grünen Kügelchen.

ständige Scheidewand. Diese ringförmige Falte und die in ihr liegende Cellulosemembran ziehen sich mehr und mehr zusammen, bis die Oeffnung in der Mitte schwindet, die Chlorophyllschichte und der Primordialschlauch in zwei Theile abgeschnürt sind und die Cellulosemembran als vollständige Scheidewand auftritt. Es haben sich auf diese Weise ohne bedeutende Störung des Inhaltes der Mutterzelle in derselben zwei Tochterzellen gebildet, welche den gesammten Inhalt der Mutterzelle in sich aufgenommen haben und deren Membranen, so weit sie an die Membran der Mutterzelle angränzen, als Verdickungsschichten von dieser dienen, wo dagegen die Tochterzellen einander berühren, als Scheidewand der Mutterzelle erscheinen."

Von dieser Schilderung differirt Pringsheim in so fern, als er bei Erklärung des Theilungsvorganges der Zelle nicht vom Primordialschlauch, sondern von der Cellulosemembran ausgeht. Die nach ihm zwischen Primordialschlauch und centralem Inhalt der Zelle gebildete Cellulosesubstanz, die sich nach ihrer ersten Entstehung außerhalb des Primordialschlauches an der innern Fläche der bereits vorhandenen Zellhülle als verdickende Schicht niederschlägt, faltet sich nach seiner Darstellung in Folge des ihr Wachsthum in andrer Richtung beschränkenden Raumes der Mutterzelle; die Falte wächst allmählich nach innen hinein und schnürt so den Inhalt der Zelle, den Primordialschlauch u. s. w. ab (Fig. 70). Pringsheim meint, daß von Mohl nur deshalb

Fig. 70.



Der mittlere Theil einer den Theilungsproceß erleidenden Zelle von Chladophora glomerata.*)

---

*) Copie nach Pringsheim. Man sieht überall die Falte der innersten Zellstoffschicht (Zellhülle). Diese, immer weiter nach innen vordringend, schnürt den Inhalt der Zelle immer mehr ab (a. b. c.) bis er zuletzt in zwei Theile getrennt ist, welche nun durch die neuentstandene Scheide-

diese primäre Faltung der jungen Zellhaut nicht beobachtet habe, weil er sie durch die angewandten Reagentien, Essigsäure u. s. w. zerstörte. Doch eine weitere Untersuchung dieses Gegenstandes würde uns zu weit führen; also zurück zu der sich theilenden Zelle, nachdem die Scheidewand in ihr entstanden ist.

Wenn dieselbe gebildet ist, bleibt zunächst die, die beiden neu entstandenen Zellen umschließende Zellwand der ursprünglichen Mutterzelle vollständig. Mit dem Wachsthum der jungen Zellen nimmt jedoch die Wand der Mutterzelle an deren Ausdehnung Theil und, Anfangs im Verhältniß dünner werdend, schwindet sie endlich ganz, so daß die beiden Tochterzellen jetzt isolirt oder vielmehr nur durch die sie trennende Scheidewand (die eine doppelte ist, da sie ja aus einer Falte hervorging) zusammenhängend dastehen.

Das ist der interessante Vorgang bei der Theilung der Pflanzenzelle, der als Zellenvermehrungsmittel am Weitesten verbreitet im Pflanzenreich vorkommt. Die spätern Zellen im Keimsack, die sog. Staub- (Pollen-) körner der blüthentragenden Gewächse, die Sporen der Laub- und Lebermoose, der Schachtelhalme, die Zellen der Conferven, die Zellen aller geschlossenen Gewebe der höher entwickelten Pflanzen entstehen in dieser Weise.

Die Vermehrung der Zellen selbst erfolgt in erstaunlich rascher Weise. Schleiden berechnete, daß an einem sehr schnell wachsenden Pilze, dem Riesenbovist (Bovista gigantea) in jeder Minute 20000 neue Zellen entstehen.*) Nach Mitscherlich beträgt die Zeit, welche zur Bildung der Scheidewand erforderlich ist, 4—5 Stunden. Danach würden in 4 Stunden zwei, in 8 Stunden vier, in 12 Stunden acht, in 16 Stunden sechszehn, in 20 Stunden zweiunddreißig, in 24 Stunden vierundsechszig Zellen aus einer Zelle hervorgehen. —

Das Wachsthum der Pflanzen beruht nun auf nichts Anderem, als auf einer steten Vermehrung der Zellen in der angegebenen Weise, insonderheit auf der Vermehrung derselben durch Theilung. „Wenn

---

wand geschieden werden (d). e stellt das Bild eines Längsdurchschnitts durch b. dar. —

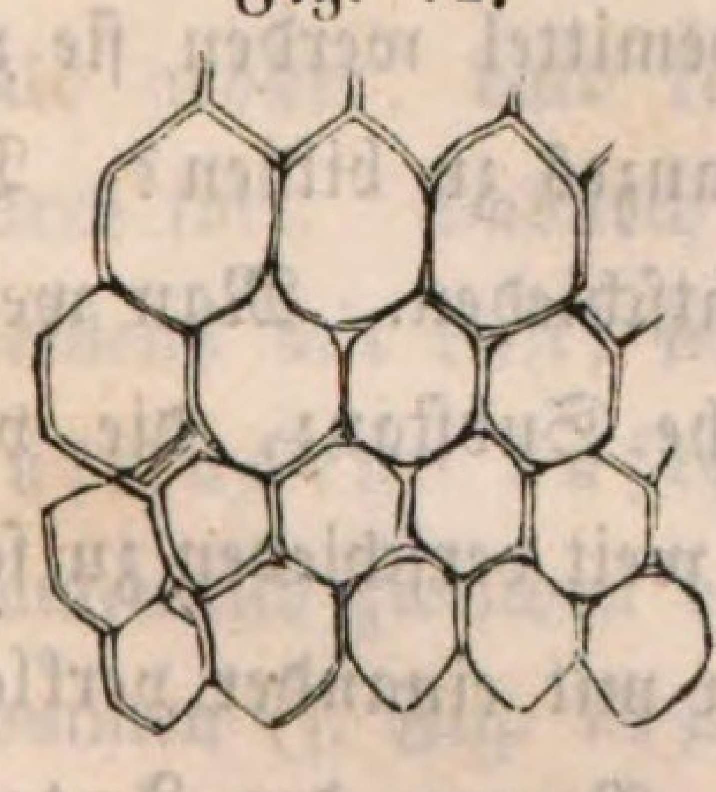
*) S. Schleiden: „Das Leben der Pflanze." 2. Aufl. S. 45.

die Urzelle," sagt Schacht,*) „sich durch immer wiederholte Theilung nur nach einer Richtung hin vermehrt, so entsteht ein Faden (Ulothrix, Spirogyra, mehrzellige Haare [s. Fig. 84]); vermehrt sie sich nach zwei Richtungen, so entsteht ein flächenartiges Gewebe (z. B. das Blatt der Lebermoose); erfolgt endlich die Zellenvermehrung nach allen drei Richtungen des Raumes, so entsteht ein aus Zellen zusammengesetzter Körper, z. B. der Stamm und das Blatt der höhern Pflanzen."

Keineswegs behalten nun aber alle Zellen die ursprüngliche, einfachste, rundliche Form bei; sie entwickeln sich vielmehr während des Wachsthums in sehr verschiedener Weise und nehmen nach und nach in verschiedenen Theilen der Pflanze die verschiedensten Formen an. Es hängt dies einmal davon ab, daß das Wachsthum der einzelnen Zelle in einer bestimmten Richtung durch benachbarte Zellen behindert wird und so die Zelle gezwungen ist, sich nur nach dieser oder jener Seite hin auszudehnen; oder es ist bedingt durch eine, nach eigenthümlichen, noch wenig erforschten Bildungsgesetzen erfolgende ungleich Ernährung der Zellwand, in Folge deren ein Theil derselben stärker wächst, als ein andrer. Machen wir uns in Kürze mit den am häufigsten vorkommenden jener verschiedenen Formen bekannt. —

Der einfachste Fall ist der, wo sich die rundlichen Zellen in Folge der Zusammenlagerung und des auf einander ausgeübten Druckes gegenseitig abplatten. Es entstehen dadurch eckige und meistens sechseckige Zellen, durch deren Vereinigung ein mauerförmiges oder bienenhonigartiges bald mehr, bald weniger regelmäßiges Gewebe (Fig. 71) gebildet wird. — In einem andern Falle wachsen die Zellen insonderheit der Länge nach; es entstehen dadurch die langgestreckten Gefäß-, Bast- und Holzzellen (s. Fig. 78 b). In einem dritten Falle bilden sich sternförmige Zellen und zwar dadurch, daß bei lockerer Zusammenhäufung der Zellen einzelne Theile der Wand sich mehr ausdehnen als andre;

Fig. 71.



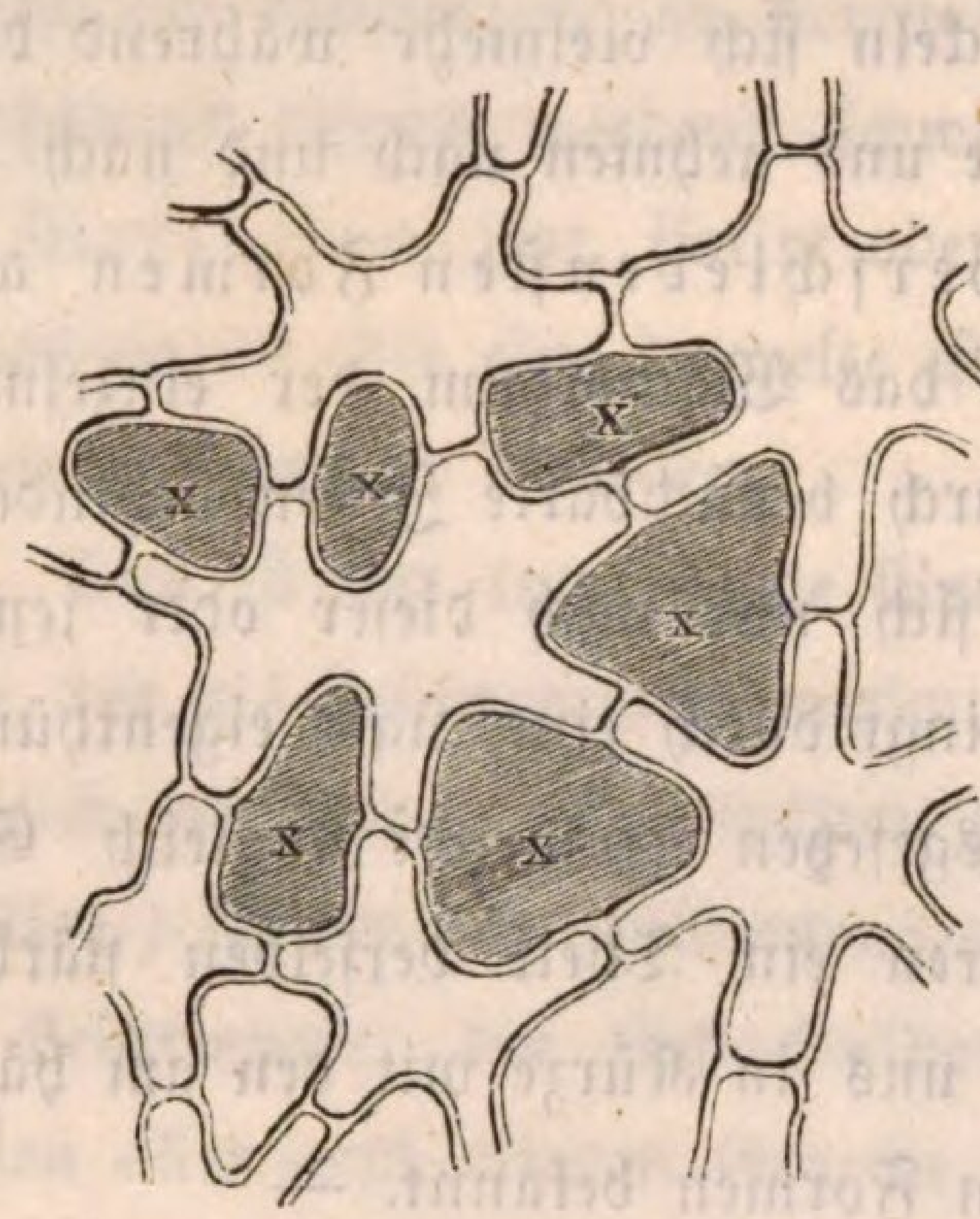
Mauerförmiges Zellgewebe aus dem Stengel einer Cycadee (Cycas revoluta). **)

*) A. a. O. S. 75.

**) Nach d. Nat. gez. (250 Mal vergrößert).

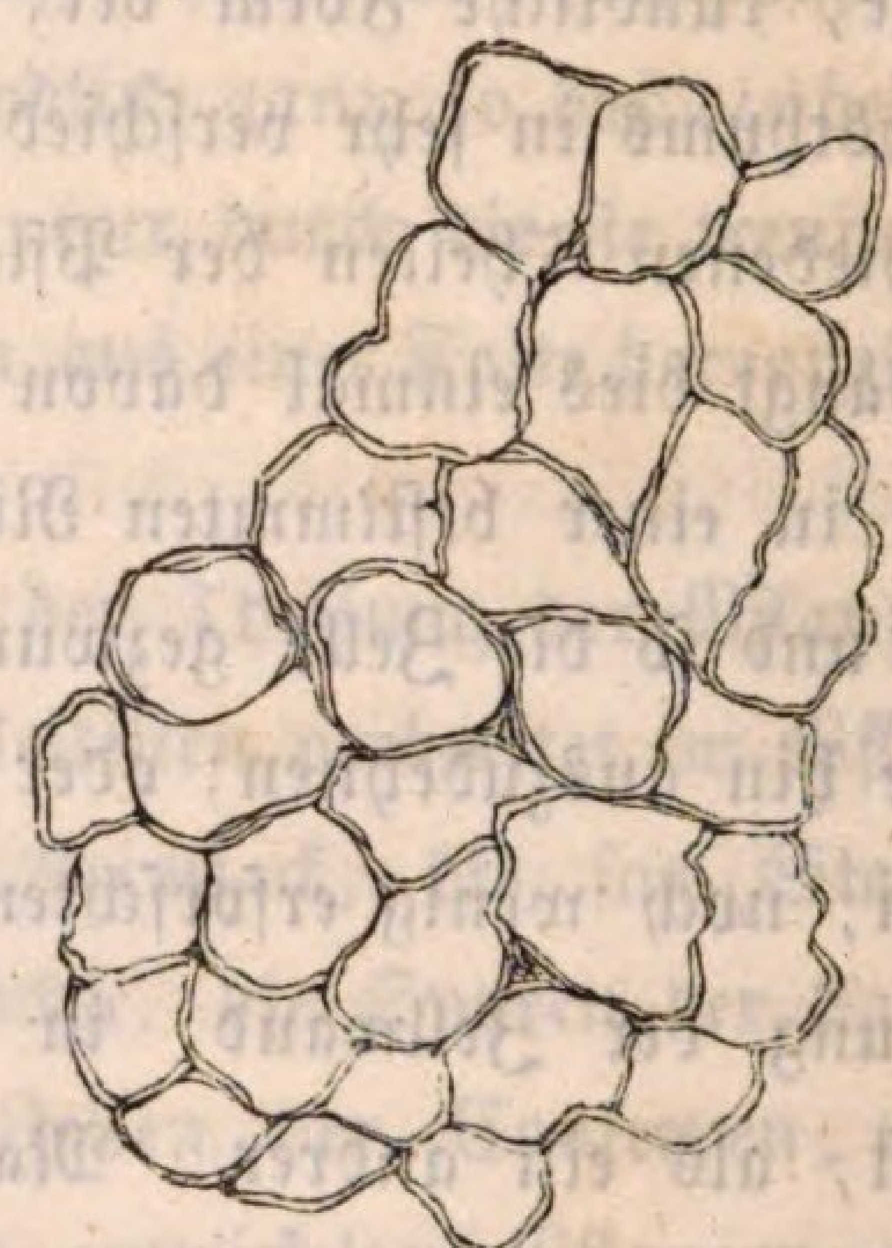
treten diese einzelnen strahlenförmig ausgedehnten Zellenwände dann in Berührung mit einander, so entsteht jenes manchen Wasserpflanzen eigenthümliche Gewebe, welches sich durch seine großen Zwischenzellräume auszeichnet (Fig. 72). Viel häufiger als diese kommen endlich Zellen von sehr unregelmäßiger Gestalt vor. Zellen, die mehr oder weniger ihre rundliche Form beibehalten haben, aber äußerst unregelmäßige, fast gezackte Wandungen besitzen (Fig. 73).

Fig. 72.



Sternförmiges Zellengewebe aus Juncus effusus. — x, x, x Intercellularräume.*)

Fig. 73.



Zellengewebe aus dem Blumenblatt der Kartoffel.**)

Wie aber wird ein Verband zwischen diesen einzelnen verschieden geformten Zellen hergestellt? Durch welche Bindemittel werden sie zusammengehalten, um ein zusammenhängendes Ganzes zu bilden? Die Untersuchungen haben bereits über diese Frage entschieden. Man weiß, daß die einzelnen Zellen durch eine eigenthümliche Substanz, die von der Cellulose verschieden,***) aber doch nicht sehr weit verschieden zu sein scheint, in Verbindung gebracht, gewissermaaßen mit einander verklebt werden. von Mohl gab dieser Substanz den Namen der Inter-

*) Copie nach Schacht. Pflanzenzelle. Taf. VII. Fig. 4.
**) Nach der Nat. gez. (250 Mal vergr.)
***) Die Intercellularsubstanz wird von Aetzkali aufgelöst, die Cellulose nicht.

cellularsubstanz. Es ist dieselbe wohl als ein Absonderungsprodukt der Zelle selbst nach außen hin zu betrachten; ihre Darstellung ist aber um so schwieriger, als sie oft nur in äußerst geringer Menge vorhanden und selbst optisch deshalb nicht einmal immer nachweisbar ist.*)

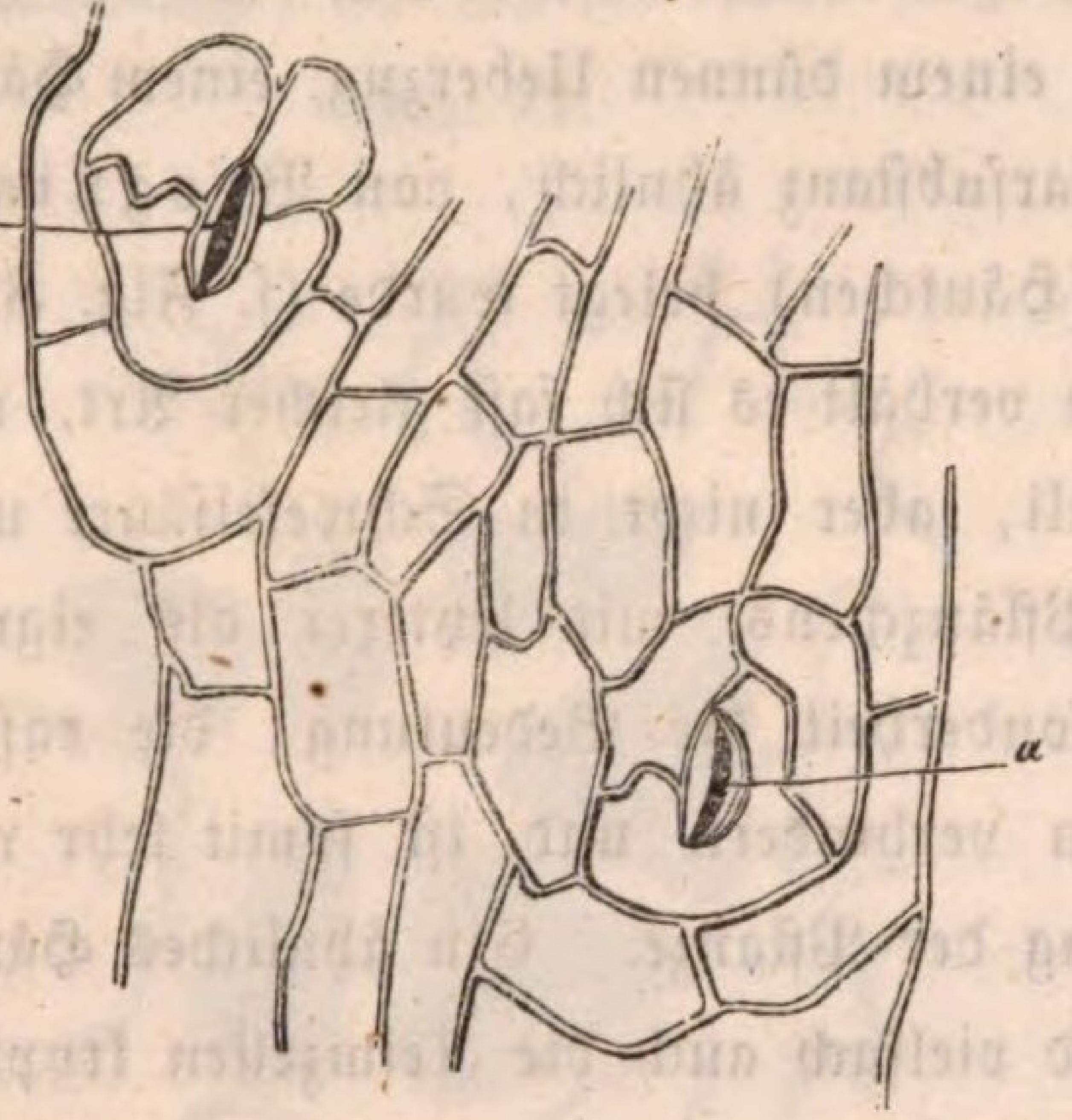
Ganz etwas Aehnliches findet sich auf der Oberfläche fast aller Gewächse, d. h. also an der Oberfläche oder Außenseite der oberflächlichsten Zellenlagen. Diese Außenseite der meisten Gewächse (der höhern Pflanzen ohne Ausnahme) ist von einem dünnen Ueberzug, einem Häutchen bekleidet, das der Intercellularsubstanz ähnlich, von Brogniart mit dem Namen der Cuticula (Häutchen) belegt wurde (s. Fig. 81). Chemisch sowohl, wie physiologisch verhält es sich fast gleicher Art, wie die letztere; es löst sich in Aetzkali, aber nicht in Schwefelsäure und hebt sich bei Behandlung des Pflänzchens mit letzterer als eignes Häutchen ab. Es hat wohl insonderheit die Bedeutung, die rasche Verdunstung der Oberhautzellen zu verhindern und ist somit sehr wesentlich für den Ernährungsvorgang der Pflanze. Ein ähnliches Häutchen überzieht die Staubkörner und vielfach auch die Keimzellen kryptogamer (blüthenloser) Gewächse.

So also sind die einzelnen Zellen der Pflanze im Innern und an der Oberfläche durch besondere Bindungsmittel verbunden. Trotzdem aber berühren sich die Zellen, wo immer sie liegen, noch nicht unmittelbar an allen Punkten. Es entstehen vielmehr vielfach leere Räume zwischen ihnen, die man Intercellular-Räume nennt. Diese sind je nach der engern oder weniger engen Berührung der Zellwände selbst bald größer, bald kleiner und setzen sich durch die ganze Pflanze hindurch fort. Dadurch entstehen dann die Intercellulargänge, die meistens mit Luft, selten mit einer Flüssigkeit erfüllt sind, oder sog. Luftlücken, Lufthöhlen, die als erweiterte Intercellularräume, namentlich zwischen den sternförmigen Zellen vieler Wasserpflanzen vorkommen (s. Fig. 71). Sie enthalten ebenfalls Luft. In ihnen bilden sich keine Stoffe, wie Stärkmehl, Zucker u. s. w., wohl aber werden von den benachbarten Zellen flüssige Stoffe, als Harz, Gummi u. s. w. in sie hinein abgesondert. — Diese Intercellulargänge und Luftlücken

*) Vgl. Schacht a. a. O. S. 76. — von Mohl a. a. O. S. 195.

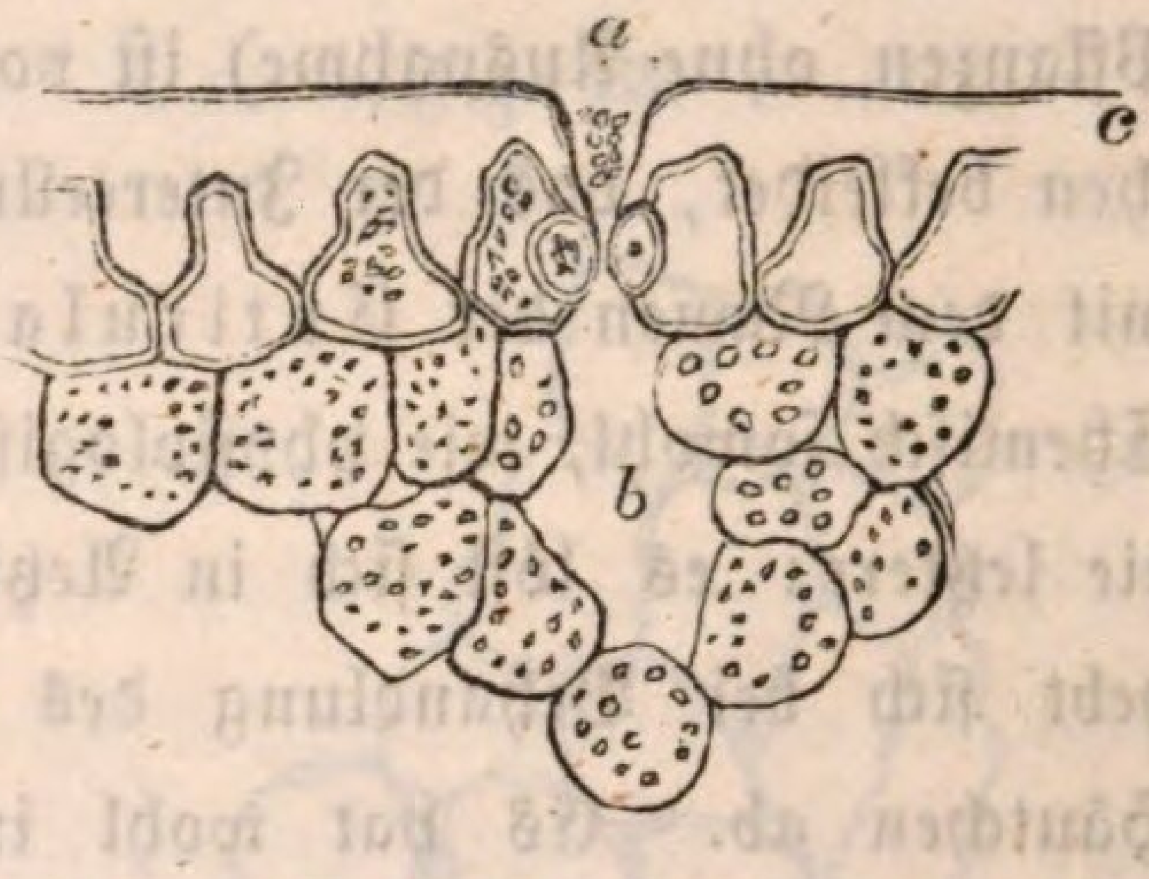
stehen nach außen hin durch die sog. **Spaltöffnungen** mit der äußern Luft in Verbindung. Es bilden sich diese dadurch, daß die Wände aneinanderstehender, noch junger Oberhautzellen bei allmähliger Ausbildung sich trennen und eine Oeffnung zwischen sich lassen, die man später von zwei halbmondförmigen Zellen umgeben sieht, und die in eine unter der Oberhaut liegende sog. **Lufthöhle** führt (Fig. 74).

Fig. 74 a.



Spaltöffnungen von der Oberfläche des Blattstiels der Stockrose. *)

Fig. 74 b.



Ein Schnitt senkrecht auf eine Spaltöffnung der Blattfläche von Aloë nigricans. **)

Die **Cuticula** setzt sich mitunter (z. B. bei Cacteen) in diese Lufthöhle fort. —

So viel im Allgemeinen über die Entstehung, Vermehrung, Form und Verbindung der Pflanzenzellen unter einander. — Wir haben uns jetzt noch über die **Veränderungen, welche die einzelnen**

---

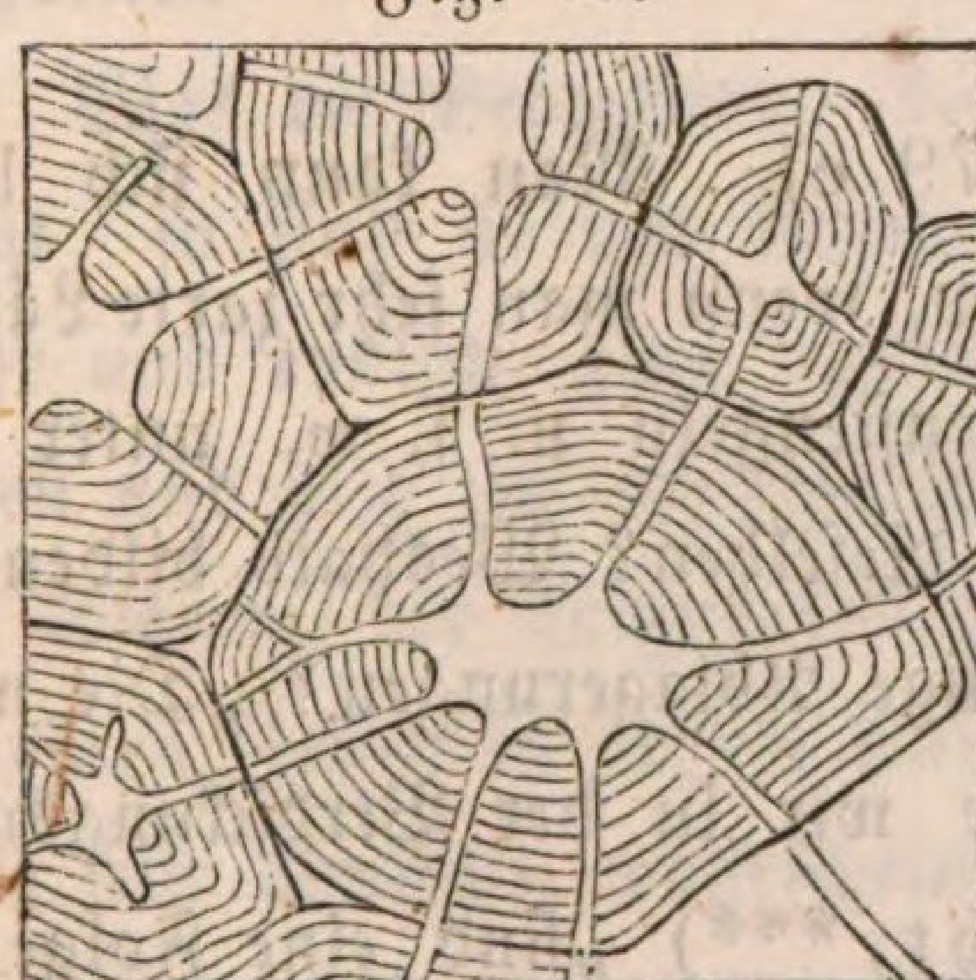
*) Nach der Nat. gez. (250 Mal vergr.) Längsschnitt. a a die Spaltöffnungen.

) Nach **Schleiden: Grundz. d. wissensch. Bot. I. S. 278. a. Canal der Spaltöffnung mit orangefarbenen Harzkörnern erfüllt. b. Lufthöhle unter der Spaltöffnung von Zellen begrenzt, die theils Chlorophyllkörner (Blattgrünkörner, in der Zeichnung schwarz), theils rosenrothe oder orangefarbene Harzkörner enthalten. Die papillösen, verdickten Oberhautzellen, von der Absonderungsschicht (c) bedeckt, sind mit hellem oder dunkelrothem Saft erfüllt und zum Theil mit rosenrothen Harzkörnern. Von den beiden Spaltöffnungszellen ist eine mit Chlorophyll erfüllt, die andere enthält ein großes, hellgelbes Harzkörnchen.

Pflanzenzellen im Verlaufe der Zeit erleiden, so wie über die Anordnung derselben bei der Verbindung zu einem Ganzen zu unterhalten. Was wir als festes Holz zu den verschiedensten Zwecken verwenden, geht aus der allmähligen Umwandlung zarter Zellen hervor und bestand einst aus eben so lockerem Gewebe, wie der junge grüne Zweig der wachsenden Pflanze; und wie im thierischen Organismus eine bestimmte Gruppirung der einzelnen Organe, eine bestimmte Vertheilung der Arbeit unter denselben obwaltet, so sind auch die einzelnen Zellen der Pflanze in bestimmter Weise zu größeren Complexen vereinigt, und der bestimmten Anordnung dieser entspricht eine bestimmte Function.

Je älter die Pflanzenzelle wird, um so mehr verdickt sich in der Mehrzahl der Fälle ihre Wandung. Es erfolgt diese Verdickung dadurch, daß sich auf die innere Wand der äußern Zellhülle immer neuer Zellstoff ablagert, während der bisherige flüssige Inhalt allmählig schwindet. *) Dabei finden aber die verschiedensten Verhältnisse Statt. Einmal werden mit nur kleinen Unterbrechungen auf der ganzen Innenfläche der Zelle Schichten von neuem Zellstoff abgelagert; die Schichten füllen schließlich das ganze Innere der Zelle aus und jede solcher Zellen steht mit einer andern entweder nur noch durch kleine Lücken in den Ablagerungsschichten, die man Tüpfelkanäle nennt, oder auch gar nicht mehr in Verbindung (Fig. 75). In einem andern Falle verdickt sich nur die eine Seite der Zelle, wie namentlich bei Oberhautzellen. In einem dritten Falle, und so namentlich bei den Gefäßzellen, bildet der abgelagerte Zellstoff eine Spirale; es

Fig. 75.



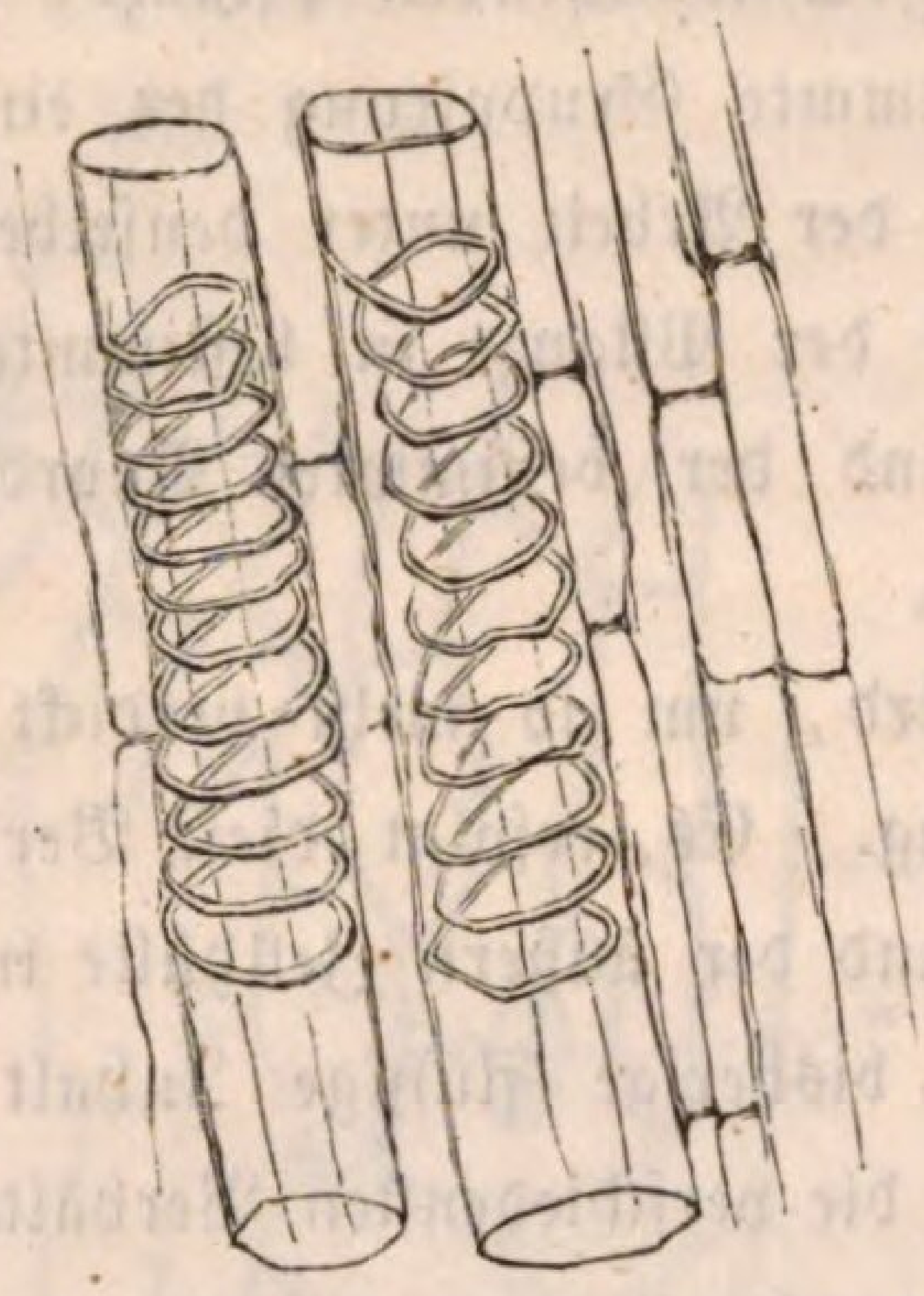
Querdurchschnitt sehr dickwandiger (verholzter) Zellen aus dem Wurzelstock von Helosis brasiliensis mit nach allen Richtungen verlaufenden, häufig sich vereinenden Tüpfelkanälen. **)

*) Vgl. Schacht: Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse. Berlin 1854. S. 248.

**) Copie nach Unger: Grundz. der Anatomie u. Physiologie der Pflanzen. S. 19. Fig. 23.

entstehen dadurch die sog. **Spiralgefäße** (Fig. 76). In einem noch andern Falle bilden sich ringförmige, in einem wieder andern netzförmige Ablagerungen, die der Innenwand der Zelle oft die zierlichsten Zeichnungen verleihen (Fig. 77); so bieten namentlich die sog. Treppengänge

Fig. 76.



Spiralgefäße aus dem Blattstiel der Kartoffel.*)

Fig. 77.



Netzförmige Verdickungsschichten aus jungen Holzzellen der gemeinen Weide.**)

ein äußerst zierliches Bild dar (s. Fig. 79 c). Man kann sich leicht eine Ansicht dieser Formationen verschaffen, wenn man sehr zarte Längsschnitte von jungen und ältern Pflanzenstengeln u. s. w. unter das Microscop bringt. — Was aber bedingt dieselben? Weshalb bilden sich hier Ringe, dort Spiralen, dort netzförmige Ablagerungen? „Die mannigfachen Gestalten und Formen, welche wir in der Verdickungsweise der Zellwand bewundern," sagt **Schacht**,***) „sind eine Folge bestimmter Grundursachen, die wir noch nicht alle genugsam kennen." Sie scheinen jedoch hauptsächlich abhängig zu sein von den Lebenserscheinungen, d. h. den chemisch-physikalischen Processen im Innern der Zelle selbst, wohin namentlich die Saftströmungen gehören, und von den Ein-

---

*) Nach d. Nat. gez. Längsschnitt durch den Blattstiel, leicht comprimirt. 250 Mal vergrößert.

**) Nach d. Nat. gez. (250 Mal vergr.)

***) Beiträge zur Anatomie u. Physiologie der Gewächse. S. 264.

flüssen, welche benachbarte Zellen auf einander ausüben, wohin namentlich Druck, gegenseitiger Saftaustausch u. s. w. zu rechnen sind. Auch die Wachsthumserscheinungen eines Pflanzentheils im engern Sinne des Wortes stehen ohne Frage mit der Verdickungsweise seiner Zellen in innigem Zusammenhang; es ist jedoch schwer zu entscheiden, ob die rasche Verlängerung eines Pflanzentheils, so lange dieselbe fortdauert, die Bildung unter sich zusammenhängender Verdickungsschichten verhindert, oder ob das Auftreten der letztern, wie in den Holzzellen und getüpfelten Gefäßen, die weitere Verlängerung des Pflanzentheils unmöglich macht. Zellen, deren Innenwand gleichmäßig durch Zellstoffablagerung verdickt ist, müssen ohne Frage eine bedeutende Verlängerung des Pflanzentheils behindern, während Spiral- und Ringgefäße der raschen Verlängerung des jungen Pflanzentheils kein Hinderniß geben. Die letztern finden sich deshalb auch namentlich in den jungen Gefäßbündeln der sich entwickelnden Pflanze. Die netzförmigen Verdickungen der Zellwand sind der Verlängerung schon sehr hinderlich. Ueber all diese Verhältnisse hat sich Schacht a. a. O. weiter ausgesprochen; hier dürfen wir uns nicht wohl länger bei einem speciellen Gegenstande aufhalten. —

Was die Bedeutung, den Zweck der Verdickungsschichten anbelangt, so sind sie vor Allem, indem sie das Lumen der Zelle immer mehr und endlich ganz ausfüllen, das Mittel zur Verholzung derselben und also zur Holzbildung überhaupt. Ohne sie würde der kräftige Stamm, der Träger des Baumes, nicht entstehen können. Was die einzelnen Zellen in diesem Falle erfüllt, ist eine dem Zellstoff der Zellhülle sehr ähnliche, wahrscheinlich aus einer Umwandlung desselben hervorgehende und xylogen- oder holzbildender Stoff genannte Substanz. Eine weitere Bedeutung erlangen die Verdickungsschichten sonder Zweifel als ein die Formation der einzelnen Zelle, wie der ganzen Pflanze mitbedingendes Moment; denn dadurch eben, daß sie bald mehr, bald weniger hindernd auf die Ausdehnung der Zelle einwirken, müssen sie auch offenbar auf die Gestaltung der ganzen Pflanze von Einfluß sein. Endlich kommt aber noch ein Drittes hinzu. Wie sie selbst Produkt der einzelnen Lebenserscheinungen der Pflanze sind, so üben sie auch wieder in gewisser Weise einen bestimmenden Einfluß

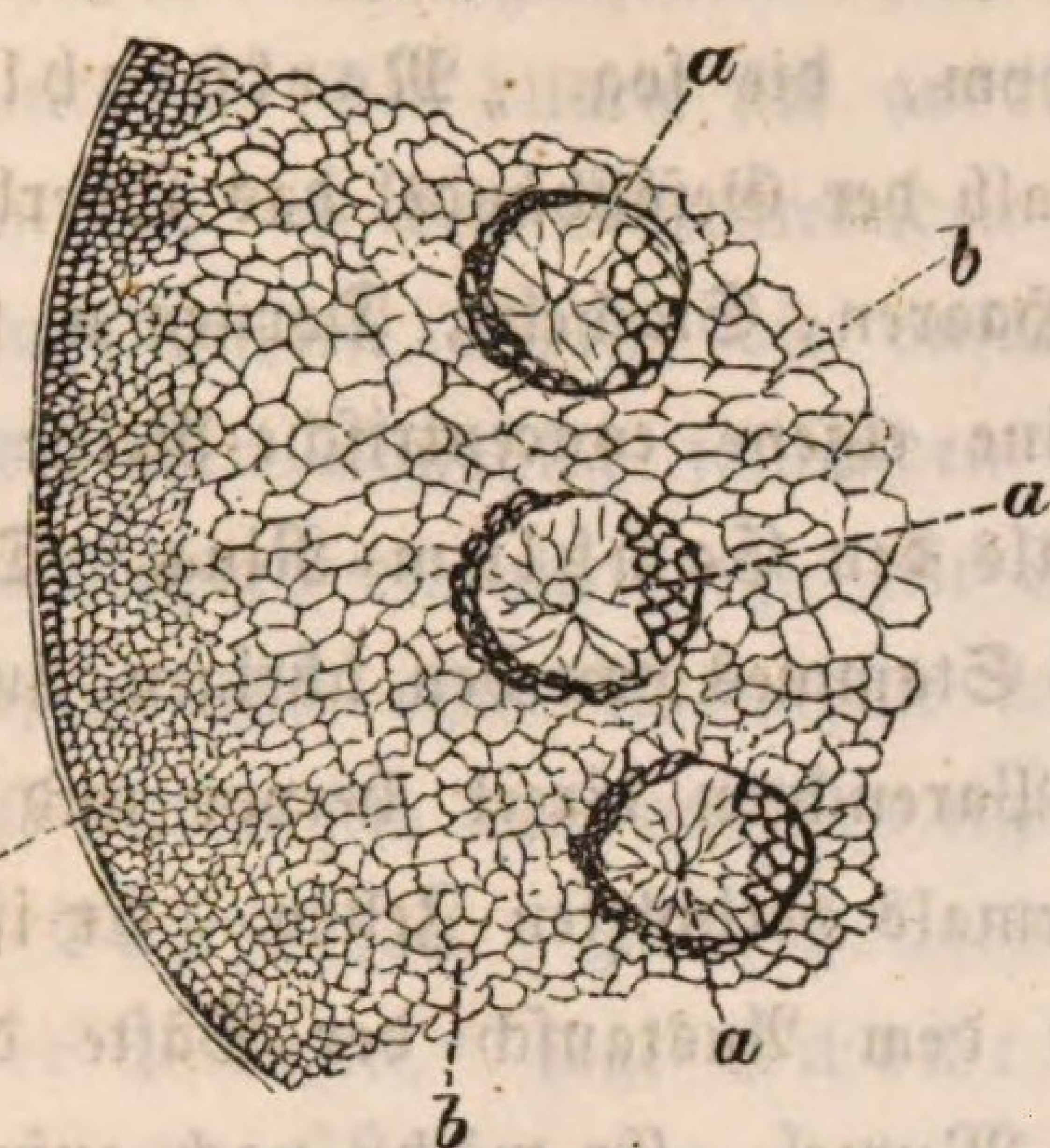
auf dieselben aus, insofern von ihrer stärkern oder geringern Entwicklung der Saftaustausch zwischen den einzelnen Zellen zum großen Theil abhängig ist. Nur durch die nicht verdickten Theile der Zellwand hindurch wird ein lebhafter Saftaustausch zwischen den einzelnen Zellen unterhalten und gerade in denjenigen Theilen der Pflanze, in welchen der lebhafteste Saftaustausch besteht (s. u.), finden sich deshalb auch niemals gänzlich mit Ablagerungsstoffen erfüllte Zellen vor. Möglich bleibt der Saftaustausch noch da, wo theilweis verdickte Zellen mit Tüpfelkanälen versehen sind, denn dadurch, daß diese in benachbarten Zellen stets aufeinanderstoßen, wird eine Communication zwischen denselben erhalten (s. Fig. 75). Sobald aber die Zellen ganz von Ablagerungsstoffen erfüllt sind, hört jeder Saftaustausch mit andern Zellen auf; es sind diese Zellen als abgestorben, dem Lebensproceß der Pflanze entzogen zu betrachten. So ist in den Verdickungsschichten und der Verfolgung der Zelle gleichzeitig ein Mittel gefunden, das regste Leben der Pflanze auf gewisse Theile derselben zu concentriren und die Vorgänge des Stoffwechsels in einer dem Wachsthum und der Fruchtbildung entsprechenden Weise über die ganze Pflanze zu vertheilen.

Betrachten wir nun die Pflanze als Ganzes, so wird sie gebildet entweder von einzelnen, freien Zellen, oder, wie es fast immer der Fall ist, durch ein Zellengewebe. Zu den erstern gehören nur die durch ihre wunderbaren, fast willkürlich erscheinenden Bewegungen ausgezeichneten Schwärmfadenzellen oder Schwärmsporen, Zellen, deren Kern sich nach Schacht's Annahme, zum Schwärmfaden entwickelt und die Keimzellen (Sporen) der blüthenlosen Gewächse; zu den letztern alle übrigen Pflanzen. —

Die einfachsten Pflanzen bestehen nur aus einzelnen Zellenreihen; so z. B. manche Pilze und Flechten, verschiedene Algen u. s. w. Die höhern Pflanzen zeigen dagegen durchweg einen complicirteren Bau. — Die wesentlichste Grundlage des ganzen Gewebes derselben bildet immer das sog. Parenchym (Fig. 78 a. f. S.). Dasselbe besteht aus meistens rundlichen, aber doch auch sehr verschiedenartig abgeplatteten oder gestalteten Zellen, die bald dünnwandig, bald dickwandiger, bald sogar verholzt sind; in ihnen bilden sich viele jener bekannten Pflanzenstoffe, welche wir als Nahrungsmittel oder zu andern Zwecken verwenden, so

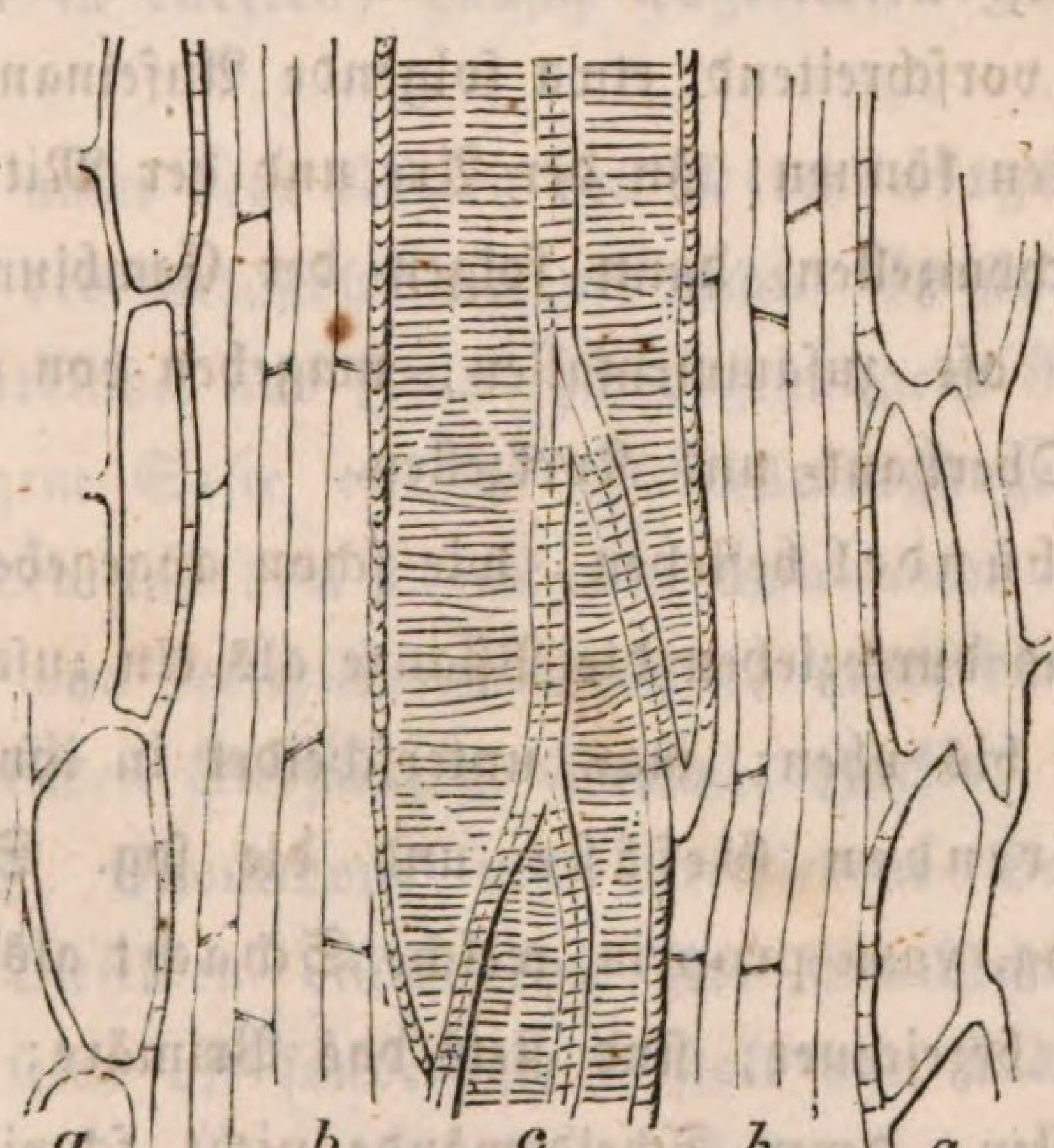
der Zucker, das Stärkemehl, das Gummi, flüchtige und fette Oele u. s. w., nicht minder das Blattgrün und alle übrigen Pflanzenfarbstoffe, deren prachtvollen Glanz wir täglich bewundern. Als zweiten Hauptbestandtheil bezeichnen wir aber die sog. Gefäßbündel, Bündel von langgestreckten sog. Gefäßzellen, welche in gewisser regelmäßiger und kreisförmiger Anordnung das Parenchym der Länge nach, von unten nach oben aufsteigend, durchsetzen und sich in den Blättern als sog. „Adern" oder „Nerven" verzweigen (Fig. 79). Diese beiden, Gefäßbündel und

Fig. 78.



Theil eines Querschnittes durch den Blattstiel von Cycas revoluta. *)

Fig. 79.



Gefäßbündel aus dem Stengel von Polypodium ramosum (im Längsschnitt).**)

Parenchym, bilden in der That fast die ganze Pflanze. Wenn man

---

*) Nach der Nat. gez. (40 Mal vergr.) a, a, a. Durchtrittsstellen der Gefäßbündel. b, b. Parenchym-Zellen. c. Oberhaut u. Oberhautzellen.

**) Das etwas verdickte, nach dem Gefäßbündel hin poröse, etwas langgestreckte Parenchym (a) umschließt zunächst ein zartwandiges, sehr langgestrecktes Gewebe, das Cambium des Gefäßbündels (Schacht) oder

das innere, centrale Parenchym als Mark bezeichnet, so ist dasselbe von den einzelnen Gefäßbündeln, deren Zahl variirt, umgeben; zwischen ihnen drängt sich aber das Parenchym, die sog. „Markstrahlen“ bildend, hindurch, um dann außerhalb der Gefäßbündel das Oberhautgewebe mit seinen Anhängseln von Haaren, Stacheln, Dornen u. s. w. und das Korkgewebe zu bilden. Eine eigene concentrische Reihe von Parenchym-Zellen bezeichnet man als den Cambium-Ring. Dieser trennt gewissermaaßen das Mark des Stammes von den übrigen, äußern Theilen desselben, geht aus dem Parenchym direct hervor und charakterisirt sich durch seine zarten, niemals verholzten Zellen. Er ist es, der nur der Zellenvermehrung und dem Austausch der Säfte dient, durch ihn verdicken sich Stamm und Wurzel. Er wächst nach aufwärts mit dem sich entwickelnden Stamm und nach abwärts mit der Wurzel.*) Dieser Ring kann ebensowohl der Vermehrung der Parenchymzellen, als der Vermehrung der langgestreckten Gefäßzellen (Verdickung der Gefäßbündel) dienen. Man würde sich demnach in einem Stamme, von innen nach außen vorschreitend, etwa folgende Aufeinanderfolge der einzelnen Zellen denken können: In der Axe und der Mitte des Stammes liegen nur Parenchymzellen, dann folgen der Cambium-Ring und die Gefäßbündel, die oft zusammenfallen, umgeben von Holz- und Bastzellen, dann die Oberhaut- und Korkzellen.

Die Gefäßbündel bestehen, wie schon angegeben, aus langgestreckten Zellen und durchziehen die Pflanze als ein zusammenhängendes System von unten bis oben; man unterscheidet in ihnen die eigentlichen saftführenden Gefäße und die sog. Spiralgefäße. Die erstern, die sog. vasa propria, welche Schacht als „das Cambium der Gefäßbündel“ bezeichnet, sind stets das Primäre; sie bestehen aus langgestreckten Zellen, deren Scheidewände nicht schwinden und die in der Mehrzahl der Fälle ständig saftführend bleiben; sie sind gewissermaaßen die Haupternährungszellen der übrigen Theile des Gefäßbündels

---

die „eigentlichen Gefäße“ (Mohl) (b). Innerhalb dieser Zellen liegen die ganz gleichförmigen, mit langen aber schmalen Spalten bezeichneten Gefäße. — Copie nach Schleiden: Grundz. d. wissenschaftl. Botanik I. S. 255.

*) Vgl. Schacht: Die Pflanzenzelle. S. 246.

(s. Fig. 78. b). Die Spiralgefäße und die unter diesem einem Namen hier mitbegriffenen Treppen-, Ring- und Netzgefäße sind das Secundäre. Sie bilden sich aus den eigentlichen Gefäßzellen hervor, indem sich an den Seitenwänden derselben die oben erwähnten Verdickungsschichten bilden, die anfänglichen obern und untern Zwischenwände aber allmählig schwinden. Es entsteht in dieser Weise eine lange Röhre, die nur kurze Zeit Saft, später aber nur Luft führt und schließlich fast ohne Ausnahme verholzt (s. Fig. 78 c). In gleicher Weise bilden sich auch aus den eigentlichen Gefäßzellen die sog. Holz- und Bastzellen. „Die Holzzellen und das Holzparenchym sämmtlicher Pflanzen," sagt Schacht, „entstehen aus den fortbildungsfähigen Cambiumzellen des Gefäßbündels (s. Fig. 78 b), die Markstrahlzellen bilden sich aus den Zellen des Verdickungs- (Cambium-) Ringes. Die Holzzellen und das Holzparenchym der Dicotyledonen entstehen deshalb in den langgestreckten, senkrechten Zellen, die Markstrahlen dagegen in kürzern, häufig wagerechten Zellen des Gesammt-Cambium." —

Was man unter dem Namen der Milchsaftgefäße begreift, ist oft Bestandtheil des Gefäßbündels, oft nicht. Es sind diese sog. Milchsaftgefäße oft wirkliche, aus Zellen hervorgegangene Röhren, oft nichts, als mit milchigem Safte erfüllte Intercellulargänge. Der Milchsaft, wie ihn ein Jeder von dem Leontodon taraxacum (Kuhblume) kennt, ist ein Gemenge von verschiedenen Stoffen, unter denen, außer einigen ganz eigenthümlichen Substanzen, Gummi, Zucker, Stärkemehl, Harz, Wachs, Eiweiß, Caoutchouc und verschiedene Salze vorzüglich zu nennen sind. Dieselben bilden eine Art Emulsion, in welcher das Amylon durch seine oft sonderbare Gestalt von Stäbchen leicht zu erkennen ist. —

Einer besondern Erwähnung bedarf noch die Oberhaut der Pflanzen. Sie fehlt den Pilzen, Flechten und Algen, sie findet sich aber schon bei den Laub- und Lebermoosen und fehlt bei den höhern Pflanzen nie. Die Zellen der Oberhaut gehen aus dem Urparenchym der Pflanze hervor, platten sich ab und lassen hie und da die schon oben erwähnten Spaltöffnungen zwischen sich. — Alle Zellen der Oberhaut sind von der ebenfalls schon erwähnten, von diesen Zellen

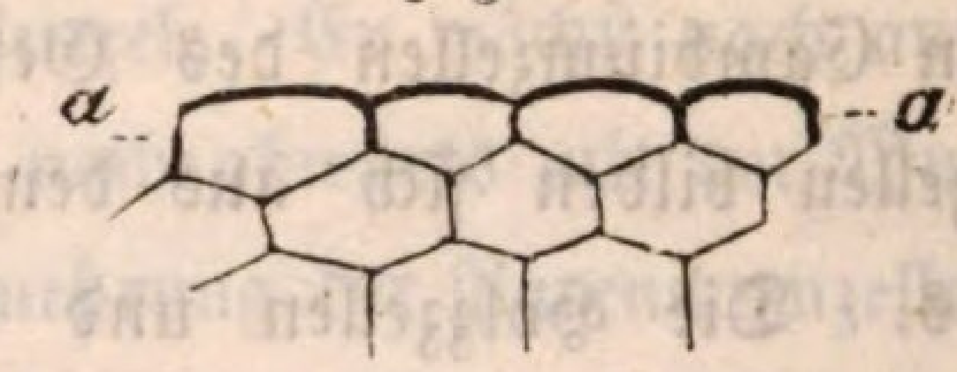
selbst abgesonderten Cuticula überzogen. Je nach der Verschiedenheit der Ausbildung der Oberhautzellen unterscheidet man **Epithelialzellen, Epiblemzellen** und **Epidermiszellen**. — Das Epithelium umkleidet jeden jungen Pflanzentheil, wird aber oft, je nach der Function der Pflanzentheile, in Epiblema oder Epidermis umgewandelt. Es besteht aus zartwandigen Zellen, welche selten oder niemals verholzen oder verkorken und ist überall da vorhanden, wo die Oberfläche sehr stark secernirt (Fig. 80). Das Epiblema hat schon verdicktere Wände, entwickelt sich zum Theil zu Wurzelhaaren und bildet die Oberhaut der in der Erde befindlichen Organe (Fig. 81). Weder Epithelium

Fig. 80.



Epithelium (a) von der Saamenknospe der Tradescantia crassula mit einer Lage darunter liegender Parenchymzellen.*)

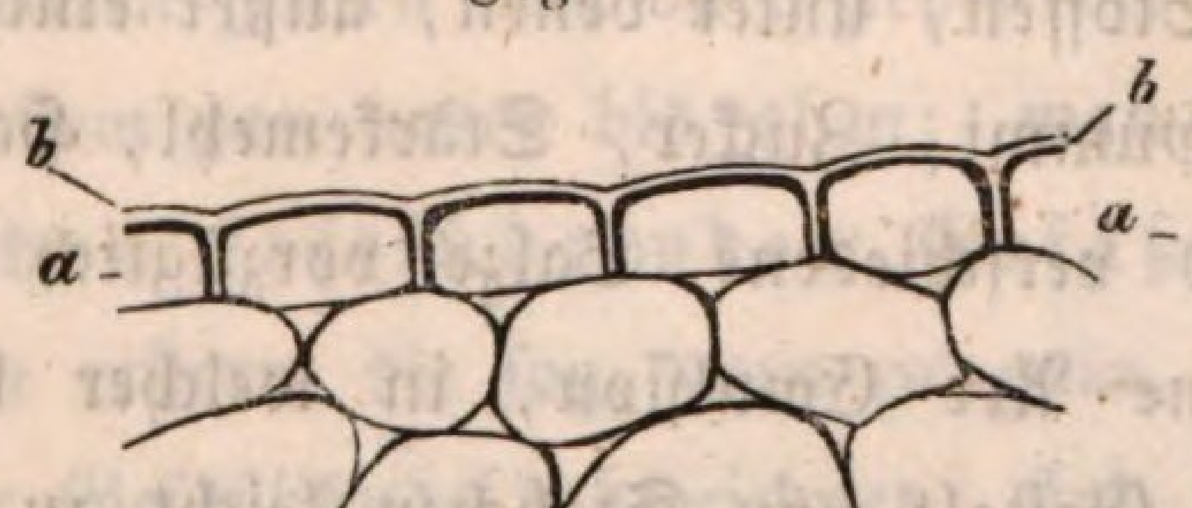
Fig. 81.



Epiblema (a) der Wurzel von Spirodela polyrrhyza mit einer Lage darunter liegender Parenchymzellen.**)

noch Epiblema zeigen Spaltöffnungen. Die Epidermis dagegen entwickelt sich, in der Regel ziemlich stark, zunächst am Stamm und an den Blättern (Fig. 82). Ihre Zellen sind es, in denen sich der Kork bildet, die sich ferner bald zu Haaren, bald zu Stacheln ausbilden. Sie ist von dem Oberhäutchen (**Cuticula**) überzogen und durch Verdickungsschichten der Cuticula bildet sich die **Rinde**, die chemisch der Korksubstanz sehr ähnlich ist. —

Fig. 82.



Epidermis (a) der obern Blattfläche von Tradescantia discolor mit einer Lage darunter liegender Parenchymzellen. b. Cuticula.***)

Der **Kork** ist nach **Schacht** (l. c. pag. 236) eine besondere

---

*) Jede Zelle zeigt noch den relativ großen Zellenkern. Schnitt senkrecht auf die Fläche. Nach **Schleiden** a. a. O. S. 272.

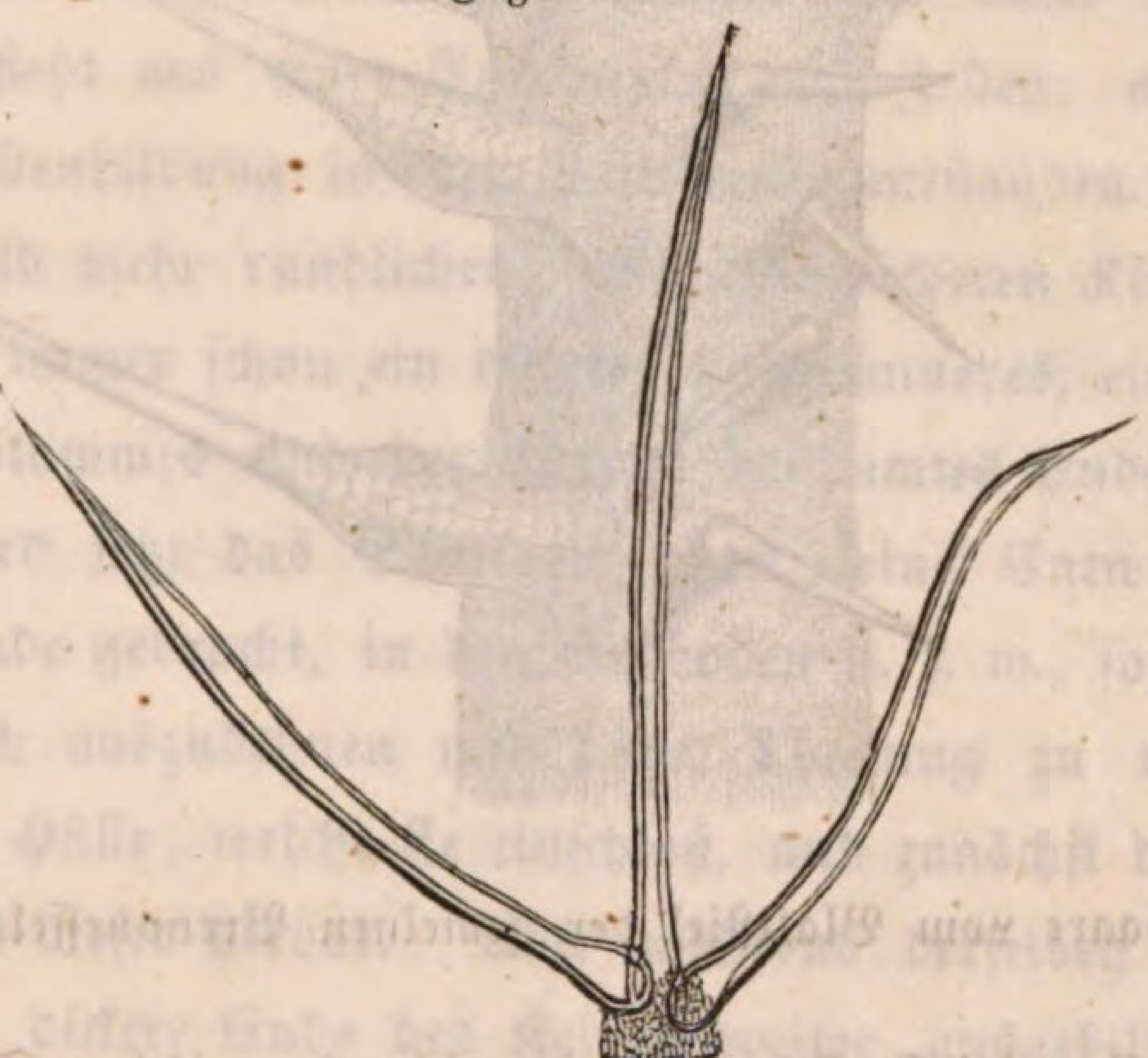
) Nach **Schleiden a. a. O. S. 272. (Schnitt senkrecht a. d. Fläche.)

***) Desgl. das. (Schnitt senkrecht auf die Blattfläche.)

Bildung; er entsteht in der Regel durch eine bestimmte Zellenbildung in den Oberhautzellen; sobald er sich bildet, stirbt die Oberhaut selbst ab. Der Kork ersetzt dann die Epidermis. Die anfänglichen Korkzellen sterben ab, d. h. sie verkorken, von ihnen aus entwickeln sich nach Innen zu neue Korkzellen, durch Theilung der ältern u. s. f. —

Die Haare sind verlängerte Zellen der Oberhaut; sie sind wie diese von der Cuticula überzogen und bilden unter Umständen auch Cuticularschichten. Sie sind einzellig oder mehrzellig, verzweigt oder nicht verzweigt, sternförmig oder gegliedert (Fig. 83 u. 84). — Die

Fig. 83.



Einzellige Haare vom Blumenkelch der Stockrose.*)

Fig. 84.

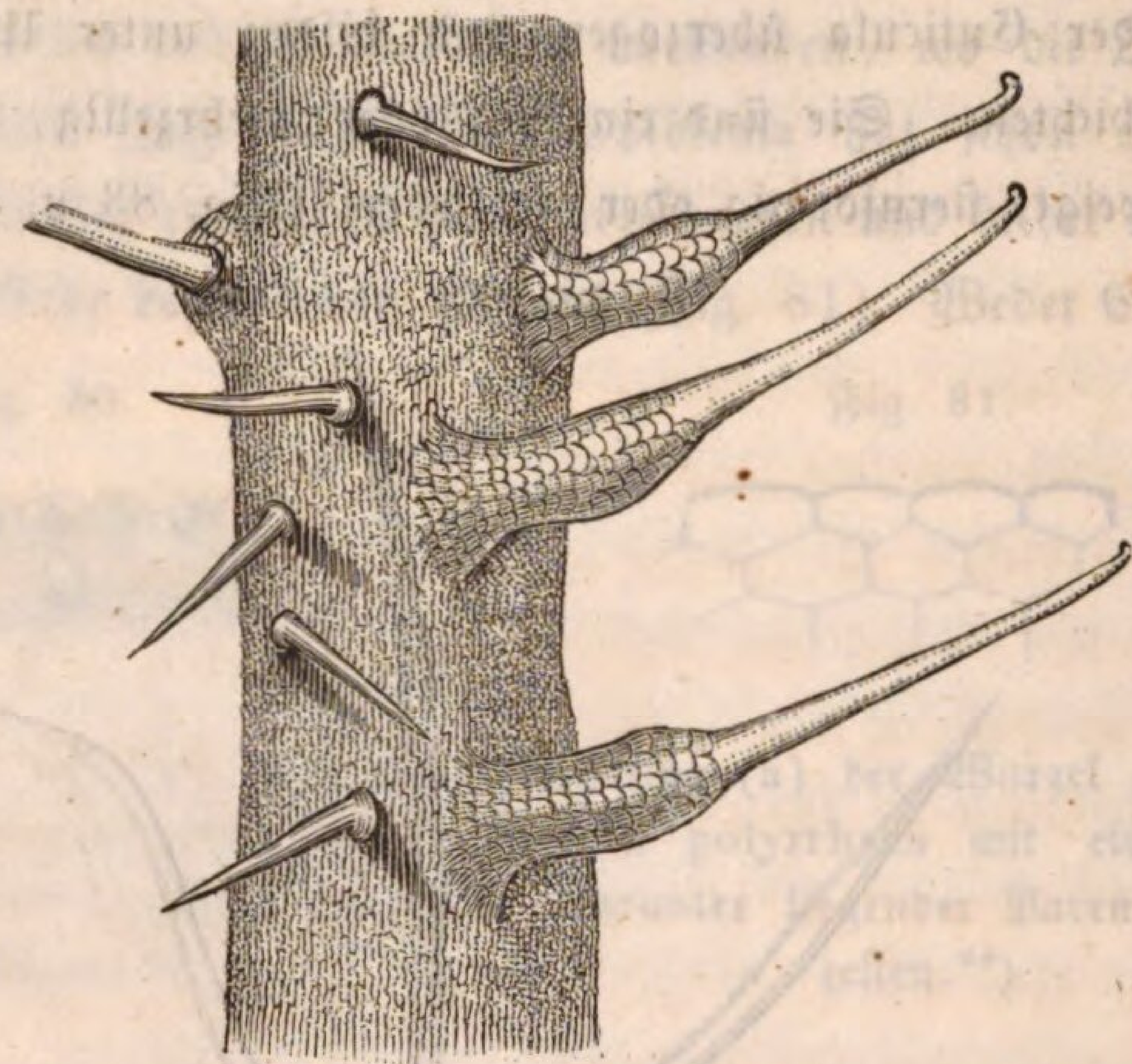


Mehrzellige Haare vom Blattstiel der Kartoffel.**)

*) u. **) Nach der Nat. gez. (40 Mal vergr.)

bekannten Brennhaare der Nesseln bestehen aus solchen verlängerten Oberhautzellen. Sie haben schon in der ersten Zeit einen seitlich gekrümmten Knopf. Bis zu einer gewissen Region hin sind diese Haare weich und biegsam, von da ab aber werden sie starr und glasartig spröde (Fig. 85), so daß sie bei der leisesten Berührung abbrechen.

Fig. 85.



Haare vom Blattstiel der gemeinen Brennnessel. *)

In solchem Falle ergießt sich dann der scharfe, giftige Saft des Brennhaars, dessen verletzende Eigenschaft wir an unsrer gewöhnlichen Brennnessel kennen. **) Dieses Gift ist in einigen ostindischen Nesseln so scharf und giftig, daß es wochen- und monatelange Schmerzen erregt. Die gefährliche dortige Urtica urentissima kann selbst tödtlich verletzen und Schleiden ***) meint, daß diese Zellen das furchtbarste vegetabilische Gift enthalten, welches es giebt.

Die Borsten sind dickwandige, verholzte Haare. Die Stacheln gehören ebenfalls der Oberhaut an und bestehen aus vielen, dickwandigen, verholzten Zellen. Sie lassen sich bekanntlich leicht von der

---

*) Nach der Natur gezeichnet.

**) Vgl. Schacht a. a. O. S. 234.

***) Grundz. d. wissenschaftl. Botanik. S. 282.

Oberhaut trennen, weil sie mit dem unter derselben liegenden Gewebe in keinem organischen Zusammenhang stehen. Die ihnen ähnlichen Dornen stehen dagegen mit dem Holzring in unmittelbarer Verbindung. —

Damit werden wir uns ein Bild von dem innern Bau der Pflanze entwerfen können. Durchlaufen wir zum Schluß noch in aller Kürze den Gang der Entwicklung der ganzen, und zwar der höher entwickelten Pflanze. —

Der in dem Saatkorn derselben enthaltene Keim, welcher sich in dem Fruchtknoten der mütterlichen Pflanze aus einer einfachen Zelle entwickelte, besteht aus einer Anhäufung von Zellen, welche in Folge einer freien Zellenbildung in der Mutterzelle entstanden. Diese Zellen stellen einen bald mehr rundlichen, bald länglicheren Körper dar, an dem man aber immer schon ein dickeres und dünneres, ein für die Entwicklung des Stammes und der Wurzel bestimmtes Ende unterscheiden kann. — Wird jetzt das Saatkorn unter seine Entwicklung begünstigende Umstände gebracht, in den Erdboden u. s. w., so beginnen jene Zellen rasch sich auszudehnen und durch Theilung zu vermehren; sie zersprengen die Hülle, welche sie einschloß, und zunächst drängt sich das Würzelchen aus dieser hervor. Aber während derselben Zeit hat sich auch schon das dickere Ende des Keims weiter ausgebildet; auch der erste Anfang des Stammes und die Saamenlappen, als erste blattförmige Organe, treten aus der Hülle heraus, und während das Würzelchen sich zur Erde wendet, wenden sich Stamm und Saamenlappen dem Lichte zu. — Beide, Stamm und Wurzel, gehen je aus einer Knospe, einer Stamm- und einer Wurzelknospe hervor. Die Wurzelknospe wächst nach unten hin, und immer an der Spitze; aus ihr entwickeln sich einmal die Haupt- oder Pfahlwurzel, andrerseits die Nebenwurzeln; unter Umständen ist sie auch fähig, sog. Adventiv-Stammknospen zu bilden, und es können dadurch neue Pflanzen-Individuen (sog. Ausläufer) aus ihr hervorgehen. Die Stammknospe liegt zunächst eingeschlossen in einem Lager von Zellen, aus denen sich die sog. Saamenlappen oder Cotyledonen bilden; an ihr selbst aber unterscheidet man die Terminalknospe und den Stammtheil. Das innere Gewebe dieses Stammtheils, der zwischen der Terminalknospe

und der Wurzelknospe liegt, nennt Schacht*) das Keimlager, aus welchem sich das Cambium und die Gefäßbündel entwickeln. Das Längenwachsthum jedes Stammes erfolgt nun unter der Terminalknospe durch Bildung neuer Zellen und Ausdehnung der bereits entstandenen. Unter dieser Terminalknospe entstehen auch die Blätter; die Terminalknospe selbst bleibt gewissermaaßen beständig jung. Die Gefäßbündel setzen sich aus der Mitte des Stammes in die jungen Blätter hinein fort; in der ersten Anlage bilden die Blätter einen zelligen Kreis (Monocotyledonen) oder Halbkreise (Dicotyledonen). — Stamm und Blatt bilden zusammen einen Winkel. In diesem entwickeln sich die sog. Axillarknospen, die, der Stammknospe ganz analog, nun die Entwicklung eines Zweiges bedingen. — Entwickeln sich noch an einem andern Theile des Stammes Knospen, so nennt man dieselben Adventivknospen und da diese überall da entstehen können, wo Gefäßbündel vorhanden sind, so können sie unter Umständen auch am Blatte entstehen. Die Blüthe der Pflanze entwickelt sich endlich aus der Stammknospe. Die Blattkreise der Blüthe sind: der Blumenkelch, die Blumenblätter und die Staubfäden. Sie entwickeln sich ebenso wie die Blätter des Stammes unterhalb der Terminalknospe, unterhalb des sog. Vegetationspunktes, und sind nur als modificirte Blätter zu betrachten. In ihrer gegenseitigen Stellung und in ihrer Ausbildung kommen die größten Verschiedenheiten vor. — Bis zu der Bildung dieser Blüthentheile bleibt der Vegetationspunkt ein flacher oder gewölbter Kegel. Später entwickelt auch er sich weiter zum Fruchtknoten, der in seinem Bau ebenfalls wieder große Verschiedenheiten zeigt. Er bildet in der Regel eine durch den Staubweg, der bei vielen Pflanzen in dem sog. Stempel oder Pistill liegt, nach oben geöffnete Höhle, deren Grund unter allen Bedingungen dem Stamm angehört; — seine Lage wechselt; bald befindet er sich oberhalb, bald unterhalb der die Blüthe constituirenden Blattkreise.

Blüht endlich die Pflanze, so fallen die in den sog. Antheren der Staubfäden gebildeten Staub- oder Pollenkörner (einfache Zellen) auf den Stempel oder die denselben vertretenden Organe nieder, dehnen sich

---

*) Die Pflanzenzelle. pag. 289.

schlauchförmig aus und dringen so durch den Stempel hindurch in den Fruchtknoten ein, um sich hier mit der in demselben entwickelten Keimzelle zu verbinden. Ob dabei der unterste Theil des Pollenschlauches, wie Schacht behauptet, sich abschnürt und, in die Keimzelle eindringend, die Urzelle der künftigen Pflanze bildet, oder ob die Keimzelle nur durch Anlagerung des Pollenschlauches und Vermischung ihres Inhalts mit dem des Pollenschlauches zur weitern Entwicklung befähigt wird, darüber sind die Botaniker noch nicht ganz einig. Wie aber immer, in der Keimzelle findet alsbald wieder die freie Bildung von Tochterzellen Statt, und indem um sie herum gleichzeitig eine Anzahl von Zellen sich bildet, indem jene sowohl, als diese sich mit den ersten Nahrungsstoffen für das demnächstige junge Pflänzchen füllen (Stärkemehl, Fett, stickstoffhaltige und unorganische Stoffe), ist das neue Saamenkorn fertig. Mit allen erforderlichen Eigenschaften ausgerüstet, entwickelt es sich, unter die erforderlichen Verhältnisse gebracht, zu einem dem mütterlichen gleichen pflanzlichen Organismus. —

So haben wir uns in aller Kürze auch von der Entwicklung der Pflanze eine Vorstellung verschafft. In welcher Weise der Baum heranwächst, wie sein Inneres dem bewaffneten Auge erscheint, davon können wir uns jetzt Rechenschaft ablegen, und denken wir an unser obiges Bild zurück, so werden wir es schon mit andern Augen betrachten, als dort. Die Pflanze oder der Baum als Ganzes erfreuen uns und ziehen uns durch ihre äußere Schönheit und Pracht in hohem Grade an; aber in noch höherm Grade ist dies mit dem innern Bau derselben der Fall, und es ist die Bewunderung begreiflich, mit der ein Jeder zum ersten Male das überraschend prächtige Bild des Pflanzengewebes unter dem Microscope betrachtet. Was wir in dürftigen Holzschnitten zur Veranschaulichung der Structur- und Bildungsverhältnisse der Pflanzenzelle gegeben, bietet nur ein schwaches Bild der Natur dar. Möchte es Vielen ein Antrieb sein, sich mit Hülfe des Microscopes an den unnachahmbaren Naturerzeugnissen selbst zu erfreuen, der Unterschied des Genusses wird ein noch größerer sein, als derjenige, welchen wir beim Anblick der Landschaft selbst und bei dem eines wenn auch treuen Bildes derselben empfinden. — Die Betrachtung eben dieses

stets und leicht zugänglichen Theiles der Natur verschafft uns dazu insonderheit eine nur zu oft willkommene Ruhe und freudige Erhebung. Wir stehen Gegenständen gegenüber, in denen kein Widerspruch, kein Kampf streitender Kräfte waltet, deren stilles Sein und Leben vielmehr auf den Beschauer selbst eine wohlthuende Ruhe überträgt, deren prachtvolle Erscheinung in Form und Farbe andrerseits einen stets neuen Genuß bereitet. Aber nur dann ist der Genuß vollkommen, wenn sich dem Anschauen selbst ein klares Verständniß der Bedeutung des Gegenstandes verbindet; ermüden würde das Auge, wenn ihm der Geist nicht durch immer neue Fragen die lebendige Frische erhielte. Möchte unsre kurze obige Darstellung, deren ungeschmückte Form dem Gegenstande nur wenig entspricht, ein solches Verständniß schon ermöglichen und zur Stellung weiterer Fragen wenigstens die Ausgangspunkte zu bilden geeignet sein. Der Umfang des Gegenstandes ist ein unendlich weiter, weiter als daß er sich auf wenigen Seiten zusammenfassen ließe; doch die richtige Erkenntniß der hauptsächlichen Verhältnisse des Baues und der Bildung der Pflanze ist schon eine hinreichende Fessel für die eigene, weitere Forschung; die gehoffte Anregung zu dieser muß die Lücken unserer Darstellung füllen. —

Achter Vortrag.

Das Leben der Pflanze.

Achter Vortrag.

Das Leben der Pflanze.

Noch todt steht der zartgefügte Bau vor uns da. Machten aber in unserm obigen Bilde Wiese und Wald nicht den Eindruck lebensvoller Frische auf uns? Sehen wir nicht die Pflanzenwelt alljährlich von Neuem grünen, wachsen, blühen und Frucht tragen, und zeugt nicht jede dieser Erscheinungen von einem in ihr waltenden regen Schaffen und Leben? Es soll die Aufgabe der vorliegenden Betrachtung sein zu untersuchen, was die Pflanze zur Bildung tausendfältig verschiedener Stoffe befähigt, was ihr inneres „Leben" bedingt.

Schon haben wir die einzelnen Nahrungsstoffe der Pflanze kennen gelernt. Wie aber gelangen dieselben in das zarte Gewebe hinein? Wie und durch welche Kraft gehoben verbreiten sie sich in ihm? Wie, wo und wodurch mischt sich der rohe Stoff der Erde und Luft, um die Pflanze selbst, um ihr prachtvolles Kleid, um ihre Früchte, die dem Thiere wieder zur Nahrung dienen sollen, zu bilden? Sagen wir es kurz. Was wir das Leben der Pflanze nennen, ist Nichts, als das Resultat einer Reihe wunderbar ineinandergefügter chemischer und physikalischer Vorgänge, die, wie an jeder einzelnen Zelle, so an der ganzen Pflanze ihr rastloses Spiel treiben. Mit der richtigen und bis ins Kleinste klaren Erkenntniß dieser, wird uns auch das Leben der Pflanze in jeder Hinsicht bis zur lichtvollen Klarheit erschlossen sein. Und ob uns auch zur Zeit noch das tiefere Verständniß mancher jener einzelnen Vorgänge fehlt, ob wir auch noch nicht die wunderbare Ineinanderfügung und Wechselwirkung derselben durchschauen, im Allgemeinen läßt uns der heutige Stand der Wissenschaft an der Wahrheit unseres Ausspruches nicht mehr zweifeln. Ein näheres Eingehen auf unsere obigen

Fragen wird den Beweis dafür liefern. Was feststehende Thatsache, was mehr oder weniger sichere Vermuthung, was bis dahin unerklärte, doch nicht mehr unbegreifliche Erscheinung ist, wird uns gleichzeitig offenbar werden. —

Die Pflanze nimmt zunächst ihren Nahrungsstoff aus ihrer Umgebung auf; der aufgenommene Stoff verbreitet sich in ihr nach allen Richtungen. Durch welche Mittel und auf welchen Wegen werden Stoffaufnahme und Saftverbreitung in ihr ermöglicht?

Erinnern wir uns daran, daß die Pflanzenzelle ein nach allen Seiten hin geschlossenes Gebilde ist, daß sie weder Poren noch Lücken in ihrer Wandung besitzt, so ist es damit schon von selbst klar, daß sie keine Stoffe in fester Form aufzunehmen im Stande ist. Allein die Zellhülle hat in hohem Grade die Fähigkeit gasförmige sowohl, als tropfbar-flüssige Stoffe durch sich hindurchzulassen, und was in dieser Form mit ihr in Berührung gebracht wird, vermag allerdings in die Zelle einzudringen, was ihr andrerseits als Nahrungsmittel dienen soll, muß ihr in dieser Form geboten werden. Hat die Natur nun aber nicht Sorge dafür getragen, daß die Nahrungsstoffe ihr auch nur als gasförmige oder tropfbar-flüssige zuströmen? Die Bestandtheile der Luft, welche wir als solche kennen lernten, sind eben nur gasförmig; die festen Bestandtheile des Erdbodens löst der befruchtende Regen auf und in wässriger Lösung dringen dieselben in die Wurzelzellen ein. Man begegnet gar oft der Vorstellung, als sei der Regen nur deshalb von so hoher Bedeutung für die Pflanze, weil sie des Wassers an und für sich ständig bedarf. Uebersehen wir es jedoch nicht, daß er noch eine zweite und nicht minder hohe Bedeutung eben dadurch besitzt, daß er das nothwendige Lösungsmittel für die festen Bestandtheile, für die unorganischen Verbindungen des Bodens bildet und dieselben damit allein zum Uebertritt in die Pflanze befähigt.

In wässriger Lösung also oder in Form eines Gases treten alle Nahrungsstoffe in die Pflanzen ein. Ist es jedoch der Willkür der Zellen überlassen, wie viel und welche Stoffe sie aufnehmen wollen? Oder haben etwa die Nahrungsstoffe selbst ein bald größeres, bald geringeres Streben, die Zellwand zu durchdringen, um sich in ihr zu verbinden und neu zu gestalten? So wenig, wie irgendwo in dem Geschehen in

der Natur handelt es sich auch hier um eine Willkür, einen Zufall. Was uns als Act derselben erscheinen möchte, ist auch hier ein streng gesetzlich geregelter Vorgang, ein Vorgang, welcher, mit wunderbarer Weisheit geordnet, von der größten Bedeutung für das ganze Leben der Pflanze ist.

Es ist eine bekannte Erscheinung, daß, wenn man eine dickflüssige Lösung von Zucker und Gummi oder eine sehr concentrirte Lösung von Salz behutsam mit Wasser übergießt, zunächst das Wasser über der Flüssigkeit stehen bleibt; daß alsbald aber an der Grenze beider Flüssigkeiten ein derartiger Austausch zwischen ihnen einzutreten beginnt, daß die dichtere Flüssigkeit an die dünnere einen Theil ihrer Bestandtheile abgiebt und sich andrerseits durch Aufnahme des Wassers verdünnt; daß sich allmählig ferner dieser Vorgang durch die gesammten Flüssigkeitsmengen hindurch fortsetzt und erst dann aufhört, wenn die ganze Masse eine mehr oder weniger gleichförmige Mischung erlangt hat. Ganz derselbe Vorgang findet nun Statt, wenn man die beiden ursprünglichen Flüssigkeiten durch eine Pflanzenmembran oder durch eine thierische Haut trennt. Es geht hier ein ganz ähnlicher Austausch der Flüssigkeiten, wie in dem obigen Falle durch die Membran hindurch vor sich; die trennende Haut übt zunächst eine bestimmte Anziehungskraft auf die beiderseitigen Stoffe aus, aus der Membran, die sich mit den Stoffen tränkt, zieht die eine Flüssigkeit gleichsam die ihr gegenüberstehende heraus, bis schließlich auch hier, jenseits und diesseits der Membran, die Mischung eine mehr oder weniger gleichförmige geworden ist. Und nicht nur dann hat dieser Austausch der Flüssigkeiten Statt, wenn sich auf der einen Seite der Membran Wasser, auf der andern eine zusammengesetzte Flüssigkeit befindet; auch dann geht er vor sich, wenn an die Stelle des Wassers eine gemischte Flüssigkeit tritt. Die dünnere Flüssigkeit wird immer zu der mehr concentrirten hinströmen und die einzelnen Bestandtheile beider Flüssigkeiten werden sich immer gegenseitig zum Theil austauschen und vermischen, bis endlich auch hier ein gewisser Gleichgewichtszustand eingetreten ist. — Wir haben damit ein Bild im Großen von dem Vorgange, wie er im Kleinen an jeder Pflanzenzelle beobachtet werden kann. Wie eine jede Pflanzenzelle, so sind auch die Zellen des im Saamenkorn ruhenden Keimes, mit eiweiß-

artigen, stickstofffreien und unorganischen Stoffen erfüllt. Die Zellhülle trennt diese Stoffe von der nächsten Umgebung. Besteht diese nun aber in einer wässrigen, mit irgend welchen Stoffen geschwängerten Flüssigkeit, so wird der eben erwähnte, sog. Diffusionsstrom entstehen; die wässrige Flüssigkeit wird durch die Zellhülle hindurch in die Zelle eintreten, Theile des Inhalts derselben werden andrerseits aus ihr heraustreten; der Inhalt der Zelle wird sich dem entsprechend verändern, und was wir als erste Lebenserscheinung, als erste Stoffaufnahme am keimenden Saamen beobachten, ist in der That durch diese Vorgänge bedingt. Das Quellen des Samenkorns, die Ausdehnung, welche wir an den Zellen des Keimes wahrnehmen, sie sind die Folge einer Aufnahme von Wasser und etwaigen darin gelösten Stoffen in das Innere der Zelle; und wenn, wie Edwards und Colin beobachteten,*) das Wasser, auf welchem man Samenkörner keimen läßt, eine saure Beschaffenheit annimmt, so ist damit der Beweis geliefert, daß auch gewisse Bestandtheile des Zelleninhalts aus der Zelle heraus und in das Wasser hineintreten. Für das aufgenommene Wasser giebt die Zelle einen Theil ihres Stärkmehls oder Zuckers her, das Stärkmehl verwandelt sich in Gummi, das Gummi in Zucker, das Zucker in Essigsäure, und durch diese eben erhält das Wasser seine saure Beschaffenheit. — Wir nennen, nach Dutrochet's Vorgang, die Strömung der Flüssigkeit von außen in die Zelle hinein, die endosmotische, diejenige von innen nach außen, die exosmotische; jenen Vorgang bezeichnen wir mit dem Ausdruck der Endosmose, diesen mit dem der Exosmose. Noch oftmals werden wir uns im Laufe der fernern Vorträge dieser Worte bedienen müssen. —

Die Forschungen von Graham, Magnus, Liebig, Jolly, Ludwig, Cloëtta u. A. haben nun aber noch weiter geführt. Sie haben dargethan, daß ein solcher Strom, ein solch' gegenseitiger Austausch zwischen zwei durch eine Membran getrennten Flüssigkeiten nicht nur überhaupt stattfindet, sondern daß er zwischen bestimmten Substanzen auch nach ganz bestimmten Gesetzen erfolgt, daß bestimmte Substanzen sich in ganz andern Mengenverhältnissen austauschen, als

*) Vgl. Berzelius Lehrbuch der Chemie. 1847. Bd. 4. S. 100.

andre, und daß die Beschaffenheit der trennenden Membran selbst einen bedeutenden Einfluß auf den ganzen Vorgang ausübt. So fand man, daß, je nach der Zusammensetzung der auf der einen Seite der Haut befindlichen Flüssigkeit, das auf der andern Seite derselben befindliche Wasser bald langsamer, bald rascher durch die Membran hindurchtrete, und daß für verschiedene Stoffe bald mehr, bald weniger Wasser eingetauscht werde. Nach Graham's und Jolly's Versuchen treten z. B. für ein austretendes Gewichtstheil Glaubersalz etwa 11 Gewichtstheile Wasser in die Zelle ein; für ein austretendes Gewichtstheil Zucker etwa 7 Gewichtstheile Wasser, und für ein austretendes Gewichtstheil Eiweiß nicht ganz ein gleiches Gewichtstheil Wasser. Ist es nicht einleuchtend, welche Bedeutung diese Verhältnisse für die Entwicklung der Pflanze haben müssen? Eine jede Art von Saamen hat ihre besondere, chemische Zusammensetzung. Die eine enthält mehr stickstoffhaltige Verbindungen, die andere mehr Stärkmehl, Zucker, Fett u. s. w., die eine enthält neben den organischen Verbindungen vorzugsweise alkalische Erden (Kalk, Magnesia u. s. w.), die andere vorzugsweise Alkalien (Kali, Natron u. s. w.); dort findet sich vorwiegend Phosphorsäure und Schwefelsäure, hier vorwiegend Pflanzensäure oder Kieselsäure u. s. w. Eine jede dieser Substanzen hat aber den Ernährungsflüssigkeiten des Bodens gegenüber ihr bestimmtes „endosmotisches Aequivalent." Müssen also nicht auch, je nach der Zusammensetzung des Saamenkorns oder dem Inhalt der Zellen des Pflanzenkeims bestimmte en- und exosmotische Strömungen entstehen? Wird nicht der eine Saamen mehr von diesen, der andre mehr von jenen, der eine nur diese, der andre nur jene der umgebenden Stoffe aufnehmen müssen? Was wir mit großer Wahrscheinlichkeit vermuthen, ist durch die lehrreichen Versuche von Trinchinetti und Saussure zur Gewißheit erhoben. Trinchinetti stellte verschiedene Pflanzenarten in Mischungen von zwei einander nicht zersetzenden Salzlösungen, und es zeigte sich, daß die eine Pflanze vorzugsweise das eine, eine andere Pflanze das andre Salz aufnahm. So nahmen aus Mischungen von Salpeter und Kochsalz Mercurialis annua und Chenopodium viride viel Salpeter und wenig Kochsalz, umgekehrt dagegen Satureja hortensis und Solanum Lycopersicum viel Kochsalz und wenig Salpeter auf; aus einer Mischung von Salmiak

und Kochsalz hinwieder nahm Mercurialis viel Salmiak, Vicia faba dagegen viel Kochsalz auf. Saussure andrerseits wies nach, daß ein und dieselbe Pflanze von verschiedenen in Wasser aufgelösten Substanzen sehr ungleiche Mengen aufnahm. Er ließ jedesmal die Hälfte der Salzauflösung von einem Polygonum persicaria einsaugen, es hätten also auch von der gelösten Substanz 50 Proc. eingesaugt werden müssen; statt deren wurden thatsächlich aber nur aufgenommen:

von salzsaurem Kali	14,7	Proc.
„ Kochsalz	13	„
„ salpetersaurem Kalk	4	„
„ schwefelsaurem Kalk (Gyps) . .	14,4	„
„ salzsaurem Ammoniak (Salmiak)	12	„
„ essigsaurem Kalk	8	„
„ schwefelsaur. Kupfer (Kupfervitriol)	47	„
„ Gummi	9	„
„ Zucker	29	„
„ Dammerdeextract	5	„ *)

So also ist die Stoffaufnahme der Pflanzenzellen regulirt und von strengen Gesetzen beherrscht. Jeder Saamen muß bestimmte Stoffe aufnehmen und andre Stoffe abgeben; er muß und kann nur diejenigen aufnehmen, welche einmal für seine naturgemäße Entwicklung als erforderlich bestimmt sind, und in keinen andern, als in diesen Verhältnissen liegt es begründet, daß sich verschiedene Saamenkörner, auf ein und denselben Boden gepflanzt, doch zu ganz verschiedenen Pflanzen entwickeln und ganz verschiedene Produkte liefern. Man muß es, um diese auffallende Thatsache zu erklären, festhalten, daß jedes Saamenkorn eine bestimmte stoffliche Zusammensetzung hat und daß diese Zusammensetzung der Ernährungsflüssigkeit des Bodens gegenüber ganz bestimmte Diffusionsströme, die Aufnahme ganz bestimmter Substanzen, und damit endlich ganz bestimmte weitere chemische Bildungsvorgänge

---

*) Vgl. H. v. Mohl: Die Pflanzenzelle in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. IV. S. 226.

bedingt. Was aber für die ersten Zellen gilt, gilt nachher in tausendfältiger Wiederholung auch für die ganze Pflanze, und nichts anderes also, als die erste stoffliche Grundlage, die specifische Mischung des Inhaltes der Zellen des Keimes ist es, was die stoffliche Zusammensetzung der ganzen Pflanze späterhin bedingt.

Wie mit den Flüssigkeiten des Bodens, so verhält es sich nun auch mit den gasförmigen Bestandtheilen der Luft. Wie jene, so dringen auch diese durch die Zellhülle hindurch in die Zellen, insonderheit der Blätter der Pflanze, ein, sei es, daß sie sofort von derselben aufgenommen werden oder daß sie zunächst durch Spaltöffnungen an der Oberfläche der Pflanze in die Zwischenzellgänge oder Luftlücken eintreten, um von dort aus in das Innere der Zellen überzugehen. Und auch diese Gasaufnahme ist von strengen Gesetzen beherrscht. Ganz ähnlich wie oben von Gesetzen des gegenseitigen Austausches, der Diffusion verschiedenartig gemischter, tropfbarer Flüssigkeiten die Rede war, haben uns hier die Arbeiten von d'Alton, Graham, de Saussure, Mitscherlich u. A. Gesetze kennen gelehrt, welche wir die der „Diffusion der Gase nennen; wie dort, so ist auch hier Quantität und Qualität der aufzunehmenden Stoffe von dem Inhalte der Zellen selbst abhängig. Man weiß, daß eine Flüssigkeit, welche mit einem Gase in Berührung steht oder von ihr durch eine mit derselben Flüssigkeit getränkte Membran getrennt ist, von dem Gase, je nach der Beschaffenheit desselben und der Flüssigkeit selbst, immer nur ein bestimmtes Volumen aufnimmt, wobei selbstverständlich der Druck, unter welchem das Gas steht, eine bedeutende Rolle spielt. So absorbiren 100 Volumina Wasser bei 28″ Barometerstand und 15° C. Temperatur: 6,5 Vol. Sauerstoff, 4,2 Vol. Stickstoff, 106 Vol. Kohlensäure; 100 Vol. Zuckerwasser von 1,104 spec. Gew. absorbiren 72 Vol. Kohlensäure, 100 Vol. Gummiwasser von 1,092 spec. Gew. 75 Vol. Kohlensäure. Enthält demnach eine Pflanzenzelle unter übrigens gleichen Verhältnissen mehr Zucker oder Gummi und weniger Wasser, als eine andere, so wird sie weniger Kohlensäure aufnehmen, als diese. Aber es besitzen verschiedene Flüssigkeiten für verschiedene Gase auch einen verschiedenen und bestimmten Sättigungsgrad. Wenn eine Flüssigkeit von einem Gas mehr enthält, als sie nach der Natur des Gases, der Flüssigkeit und dem

Druck, unter welchem das Gas steht, aufgelöst zu halten vermag, so entweicht der Ueberschuß. So vermag z. B. Wasser nur 6,5 Proc. seines Volumens an Sauerstoff aufgelöst zu erhalten, eine Auflösung von Gummi oder Zucker nur 4,6 Proc. Wissen wir nun aber, daß die Bildungsvorgänge in der Pflanze von einem Freiwerden von Sauerstoff begleitet sind, so ist es selbstverständlich, daß immer auch nur bestimmte Mengen desselben von dem flüssigen Inhalt der Zellen, von dem Zellsafte aufgelöst erhalten werden können, ein etwaiger Ueberschuß freigewordenen Sauerstoffs aber entweichen muß. So ist also die Exhalation des Sauerstoffs der Pflanze auch in bestimmter Weise gesetzlich geregelt. — Ist ferner eine Flüssigkeit bei bestimmtem Luftdruck von einem Gase gesättigt und kommt sie dann bei demselben Drucke mit einer andern Gasart in Berührung, so findet ein bestimmter, je nach der Auflöslichkeit beider Gasarten verschiedener Austausch Statt; es entweicht ein Theil des früher absorbirten Gases und ein Theil des freien Gases wird aufgenommen. Denken wir uns also den mit Sauerstoff gesättigten Pflanzenzellsaft oder die Zellhülle — denn das Dazwischentreten einer Membran ändert auch hier nichts an dem Vorgange — von Kohlensäure umgeben, so wird auch ein Austausch beider Gase eintreten; es wird Sauerstoff aus der Zelle heraus- und Kohlensäure dafür in sie hineintreten. — Haben endlich Flüssigkeiten eine chemische Verwandtschaft zu bestimmten Gasarten, so ziehen sie dieselben an, einerlei ob sie in freier Berührung mit ihnen stehen oder durch eine Membran von ihnen getrennt sind, und auch dieses Verhältniß hat einen bedeutenden Einfluß auf die Aufnahme von Gasen von Seiten der Pflanze. So haben z. B. ätherische Oele eine chemische Verwandtschaft zum Sauerstoff und sie absorbiren denselben, um Harze mit ihm zu bilden. Zuletzt bedarf es noch der Erwähnung, daß die Pflanze mit ihren Spaltöffnungen, Intercellulargängen und Intercellularräumen ein sehr poröser Körper ist und daß solche Körper in hohem Grade die Fähigkeit besitzen, Gase zu verdichten. Auch dieses Verhältniß ist also sicherlich bei dem verschiedenartigen Bau der Pflanzen für die Aufnahme der gasförmigen Luftbestandtheile von Seiten derselben von hoher Bedeutung, ähnlich wie die erst neuerdings mit Hülfe des Microscopes näher erkannte verschiedenartige Porosität der Eierschalen wahrscheinlich von hoher Wichtigkeit ist für die

Aufnahme und Abgabe von Gasen von Seiten des Eierinhalts und des sich innerhalb der Schale entwickelnden Vogelembryos.

Diese verschiedenen physikalischen Verhältnisse und Gesetze, *) deren für die Pflanzenphysiologie genügende Erkenntniß jedoch keineswegs schon erreicht ist, reguliren also die Aufnahme und Abgabe der gasförmigen Nahrungsstoffe der Pflanze. — Es ist uns schon von früher her bekannt, daß alle grünen Pflanzentheile bei Tage Kohlensäure aufnehmen und Sauerstoff aushauchen, Nachts dagegen umgekehrt Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure abgeben, daß ferner alle nicht grünen Pflanzentheile, als Rinde, Wurzel u. s. w. auch bei Tage Sauerstoff absorbiren und Kohlensäure exhaliren. Durch die Untersuchungen von de Saussure**) und Boussingault***) sind diese Thatsachen zweifellos dargethan. Wir wissen jetzt, daß je nach dem Inhalt der Pflanzenzellen, je nach der Art der Gase, je nach dem Drucke endlich, unter welchem die letztern stehen, jene Vorgänge verschieden ausfallen müssen; bald wird eine größere, bald eine geringere Quantität von diesem oder jenem Gase fixirt werden und es müssen sich darnach selbstverständlich auch die Bildungsvorgänge innerhalb der verschiedenen Pflanzen verschieden gestalten. Wir führten oben die verschiedenartige Entwicklung von Pflanzen an gleichen Standorten darauf zurück, daß die ersten Zellen des Keimes und ebenso alle spätern, aus ihnen hervorgehenden, je nach der chemischen Zusammensetzung ihres Inhalts verschiedene Mengen verschiedener in Wasser gelöster Stoffe auffsaugen; wir müssen jetzt ebenso dem Inhalte der ersten und aller späterhin mit gasförmigen Stoffen in Berührung kommenden Zellen, zufolge seiner Eigenschaft, verschiedene Mengen verschiedener Gase zu absorbiren und zu fixiren, einen gleichfalls bedeutenden Einfluß auf das Quale der Bildungsvorgänge in den verschiedenen Pflanzen zuschreiben. Bald wird mehr Kohlensäure aufgenommen, bald mehr Sauerstoff in der Pflanze fixirt werden; die endlichen Bildungsprodukte werden darnach auch verschieden ausfallen müssen. Daß aber von der Pflanze der Stickstoff der Luft direct gar

---

*) Vgl. Schleiden Grundz. der wissenschaftl. Botanik II. S. 483.

**) Recherches chimiques sur la végétation. —

***) Économie rurale.

nicht aufgenommen wird, wie es früher bereits hervorgehoben und von Boussingault bewiesen wurde, muß ebenfalls auf diese Verhältnisse zurückgeführt werden; die Nichtaufnahme bestimmter Gase von Seiten der Pflanze ist ebenso gesetzlich geregelt, wie die Aufnahme. —

So viel über diesen Gegenstand. Von selbst drängt sich jetzt die Frage auf, wie denn die flüssigen, aus dem Erdboden aufgesogenen Nahrungsstoffe, wie ferner die doch immer nur von oberflächlich gelegenen Zellen absorbirten Gase in dem Pflanzenorganismus verbreitet werden? „Wenige einfache Experimente," sagt Hugo von Mohl, „lassen darüber keinen Zweifel übrig." Die wässrigen Flüssigkeiten werden zunächst von den oberflächlich gelegenen Zellen der Wurzelrinde aufgenommen; sie fließen dann aber nicht in der Rinde weiter, sondern treten schon in den kleinen Wurzeln in das Holz über und steigen in diesem durch den Stamm und die Aeste in die Höhe. Der Beweis hierfür liegt in zwei Thatsachen. Schneidet man die Rinde einer Pflanze, am besten eines Baumes, ringförmig bis auf das Holz durch, so leidet die Zuführung der Säfte zu den über der Wunde gelegenen Theilen der Pflanze keine Unterbrechung; schneidet man dagegen mit möglichster Schonung der Rinde das Holz quer durch, so vertrocknet der oberhalb der Wunde gelegene Theil der Pflanze sogleich." Schacht*) sagt: „Es giebt wahrscheinlich mehre aufsteigende Saftströme; das Cambium der Gefäßbündel führt zunächst den Hauptsaftstrom von der Wurzel in die obern Theile der Pflanze; das junge Holz und die jungen Gefäßzellen dienen sicherlich mit den sog. „eigentlichen Gefäßen" (vasa propria) diesem Strome. Im Umkreis der Markscheide und unterhalb der Epidermis (Oberhaut) des Stammes, wo ebenfalls im lebensthätigen Zustande dieser Theile cambiumartige (d. h. nicht verholzende) Zellen vorhanden sind, erfolgt aber wahrscheinlich ebenfalls ein aufsteigender Saftstrom," ein Strom, welcher nach Schacht's Vermuthung insonderheit reich ist an stickstoffhaltigen und unorganischen Stoffen. — „Aus dem Holze des Stammes und der Zweige," so fährt von Mohl in seiner Darstellung fort, „tritt der Saft dann in die Blätter und in diesen in das parenchymatöse Ge-

---

*) Die Pflanzenzelle: S. 363.

webe *) derselben über, wie schon die starke Ausshauchung von Wasserdämpfen aus denselben beweist. Ehe der Saft aber in die Blätter gelangt, fehlt ihm die Fähigkeit zur Ernährung verwendet zu werden; es steht daher das Wachsthum der Pflanze still, wenn man sie ihrer Blätter beraubt. Man nennt deshalb auch den von den Wurzeln zu den Blättern in die Höhe steigenden Saft „den rohen Nahrungssaft.“ In den Blättern erleidet derselbe aber eine chemische Umwandlung, welche ihn nun fähig macht, zur Ernährung der Pflanze verwendet zu werden. Zu diesem Ende fließt der Saft von den Blättern zu den untern Theilen der Pflanze durch die Rinde zurück, wie folgende Umstände beweisen. Schneidet man im Stamme die Rinde ringsum durch, so steht das Wachsthum des unterhalb der Wunde gelegenen Theiles sofort still, der Stamm verdickt sich nicht mehr, bei Kartoffelpflanzen setzen sich keine Knollen an, u. s. w.; oberhalb der Wunde wird dagegen das Wachsthum über das gewöhnliche Maaß gesteigert, es setzen sich sehr dicke Holzlagen ab, es bilden sich mehr Früchte aus, dieselben reifen früher u. s. w. Daß derjenige Theil des Nahrungssaftes, welcher auf dem Wege zur Wurzel nicht zur Ernährung verwendet wird, durch die horizontal laufenden Markstrahlen zum Holz zurückkehrt, dafür spricht die Ablagerung von Amylum, welche in den Zellen der Markstrahlen im Herbste stattfindet.“ Es dürfte kaum auch wohl zweifelhaft sein, daß all diejenigen Stoffe, welche sich in den parenchymatösen Zellen der Zweige und des Stammes der Pflanze abgelagert finden, als Gummi, Zucker, Harze, selbst Crystalle (z. B. von oxalsaurem Kalk), aus diesem absteigenden Saftstrome herzuleiten sind; das Parenchym der ganzen Pflanze, aus dem sich auch die Rinde hervorbildete, steht unter sich in Zusammenhang und man darf deshalb mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuthen, daß auch in den jüngern Parenchymzellen der Zweige und Blätter ein absteigender Saftstrom stattfindet. —

So beschreibt also der Saftstrom eine Art von Kreislauf auf bestimmten, durch die verschiedenen Theile der Pflanze gebildeten Wegen. Die sog. Gefäße (Spiral-, Treppen- u. a. Gefäße) führen meistens nur Luft; nur unter besondern Umständen, insonderheit bei der Ueberfüllung

---

*) S. oben S. 250.

der Pflanze mit Saft, nehmen sie an der Saftführung Theil, und dann entweder nur vorübergehend oder auch während der ganzen Vegetationszeit.

Ueber die Ursachen der Saftführung in der bezeichneten Richtung, über die senkrechte Hebung des Saftes in den „eigentlichen Gefäßen" und seine absteigende Richtung gerade in denjenigen Zellen, wo er der weitern Verarbeitung zu diesen und jenen Stoffen unterliegen soll, weiß man noch wenig Bestimmtes. Es ist außer Frage, daß die oben angeführten Verhältnisse der En- und Exosmose auch der Hebung des Saftes Vorschub leisten; es ist ferner durch die Untersuchungen von Stephan Hales und Liebig*) dargethan, daß „durch die Verdunstung des Wassers an der Oberfläche der Gewächse im Innern derselben ein leerer Raum entsteht, daß in dessen Folge Wasser und im Wasser lösliche Gase mit Leichtigkeit von außen eingetrieben und gehoben werden," daß je nach dem Feuchtigkeitsgrade der Luft die Ausdünstung der Pflanzen und damit die Zuströmung neuen Saftes u. s. w. sich ändert; Liebig selbst sagt S. 76 a. a. O. „der äußere Druck neben der Capillarität ist die Hauptursache der Verbreitung und Bewegung der Säfte." Allein weshalb steigt der Saft gerade in den Gefäßzellen in die Höhe, die doch der Endosmose weniger günstige Bedingungen darbieten, als die mit Amylon, Gummi und Zucker gefüllten Parenchymzellen? Weshalb steigt der Saft senkrecht in die Höhe und weshalb dringt er nicht schon in der Wurzel von den Gefäßzellen aus in die Parenchymzellen? Auf diese Fragen kann bis dahin keine genügende Antwort gegeben werden und wir müssen uns vorläufig mit der Kenntniß der angegebenen Thatsachen begnügen. Der Erscheinung des bald auf- und absteigenden, bald vielfach verzweigten netzförmigen Saftstromes, welche an einzelnen und größern Zellen wahrgenommen wird, wollen wir hier nur im Vorbeigehen gedenken; auch sie ist noch unerklärt. Schleiden und v. Mohl haben den Vorgang einer nähern Erörterung unterzogen. —

Es ist uns jetzt der Bau der Pflanze bekannt; die Nahrungsmittel derselben lernten wir ebenfalls schon in einem frühern Vortrage kennen;

---

*) Vgl. Liebig's sehr beachtenswerthe Schrift: Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung im thierischen Organismus. 1848.

wir haben so eben erfahren, wie und auf welchen Wegen die einzelnen Nahrungsstoffe in die Pflanze hineingelangen, wie sie ferner in derselben verbreitet werden. In welcher Weise, so lautet unsre folgende Frage, gehen denn aus den unorganischen und zum kleinen Theil vielleicht organischen Nahrungsstoffen diejenigen Stoffe hervor, welche einmal für das Wachsthum der Pflanze selbst, für die Zellenbildung, erforderlich sind, welche andrerseits bald zur Nahrung des Thieres, bald zu arzneilichen, bald zu technischen Zwecken verwendet werden, in welcher Weise mit andern Worten erfolgt die Verarbeitung der Nahrungsstoffe in der Pflanze?

Die Frage ist bis dahin noch eine der dunkelsten in der ganzen Pflanzenphysiologie. Vor nicht langen Jahren glaubte man schon durch die genialen Untersuchungen und Aussprüche Liebig's in den Besitz einer klaren Erkenntniß der Bildungsvorgänge der verschiedenen Stoffe in der Pflanze gelangt zu sein, und, wie immer, Liebig bleibt ohne Frage das unsterbliche Verdienst, den Weg angedeutet und schon fruchtbar benutzt zu haben, auf welchem wesentliche Fortschritte zu erreichen sind. Allein weitere Forschungen haben dargethan, daß man über die einzelnen Bildungsvorgänge noch sehr im Unklaren ist, und auch heutigen Tages sind wir noch nicht weit über die Ahnungen und Bilder des Geschehens, welche Liebig in Betreff derselben in so geistvoller Weise entwickelte, hinaus.

Alle Stoffe, welche von der Pflanze gebildet werden und sie selbst zusammensetzen, bestehen, abgesehen von den unorganischen Verbindungen, die sich in jeder Pflanze vorfinden, entweder aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff (sog. stickstoffhaltige Verbindungen, die als fünftes Element oft noch Schwefel enthalten), oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, oder nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff (sog. stickstofffreie Verbindungen). Zu jenen stickstoffhaltigen Verbindungen gehören das Pflanzeneiweiß (der Pflanzenkleber), eine große Anzahl sog. organischer Basen, wie das Chinin, Morphin u. s. w.; das Blattgrün oder Chlorophyll, d. i. der aus kleinen Kügelchen mit wachsartigem Kern bestehende Farbstoff aller grünen Pflanzentheile. Zu den stickstofffreien Verbindungen gehören zunächst die vielen verschiedenen Arten der sog. Pflanzensäuren; die Oxalsäure,

welche von dem reichen Vorkommen in den Oxalis-Arten ihren Namen trägt und fast in allen Pflanzen zu finden ist, die Aepfelsäure, die Weinsäure, die Citronensäure u. s. w.; ferner die sog. indifferenten Stoffe: das Stärkmehl, der Zucker, das Gummi, das demselben sehr ähnliche Dextrin, insonderheit aber auch der die Zellmembran bildende Stoff, die Cellulose und die aus ihr hervorgehenden Holz-, Kork- und Baststoffe; es gehören ferner dahin die Oele, Fette, Harze, das Caoutschouk u. s. w., u. s. w. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß die Art und Menge dieser Stoffe in allen Pflanzen verschieden sind, daß die eine reicher ist an stickstoffhaltigen, die andere reicher an stickstofffreien Verbindungen, daß die eine diese, die andere jene Farbstoffe producirt. Wir wissen es auch schon, woher die einzelnen Elementarstoffe selbst stammen, wo der Kohlenstoff, wo der Sauerstoff, wo der Stickstoff, wo der Wasserstoff seine Quelle hat. (Vgl. Vortrag 6.) Wie nun aber verbinden sich diese Elementarstoffe zu jenen organischen Stoffen, zu Eiweiß, Zellstoff, Zucker, Stärkmehl u. s. w.?

Erinnern wir uns der mit aller Bestimmtheit ermittelten Thatsache, daß die Pflanze bei Tage Kohlensäure aufnimmt und Sauerstoff abgiebt, so ließe sich im Einklang mit derselben scheinbar allerdings leicht die Entstehung von Zucker oder Zellstoff oder Holz u. s. w. aus dem Zusammentritt von Kohlensäure und Wasser herleiten. Träten z. B.

12 At. Kohlensäure	= 12 C		24 O
mit 24 „ Wasser	=	24 H	24 O

zusammen, so würden sich daraus, unter Abgabe von 24 At. Sauerstoff, Stoffe bilden, die in ihrer Zusammensetzung jedesmal 12 At. Kohlenstoff, 24 At. Wasserstoff und 24 At. Sauerstoff enthielten. Als solche Stoffe könnte man aber betrachten:

1 At. Traubenzucker plus 12 At. Wasser = 12C 12H 12O + 12HO
oder
1 „ Zellstoff „ 14 „ „ = 12C 10H 10O + 14HO
oder
1 „ Rohrzucker „ 14 „ „ = 12C 10H 10O + 14HO
oder

1 At. Holz plus 16 At. Wasser = 12C 8H 8O + 16HO u. s. w.*)

Ganz in gleicher Weise ließe sich aus einer Anzahl Wasser- und Kohlensäureatome nebst kohlensaurem Ammoniak und Schwefelsäure die Bildung von Pflanzeneiweiß unter Abgabe von Sauerstoff berechnen.**) Indeß so plausibel derartige Zeichnungen der Bildungsvorgänge auch auf den ersten Blick erscheinen mögen, sie sind in der That bis dahin nichts, als Zahlenspiele, die ein Jeder nach Gefallen gestalten kann; sie lassen uns allenfalls ahnen, in welcher Weise sich organische Verbindungen aus dem Zusammentritt der Elementarstoffe hervorbilden können, sie sind aber nichts weniger als der Ausdruck des wirklichen Geschehens. Ja wir kennen noch nicht einmal mit Bestimmtheit die atomistische Zusammensetzung des Pflanzeneiweißes, und um so viel weniger dürfen die bis dahin für dasselbe angenommenen Formeln zu derartigen Rechnungen benutzt werden.

Ueber die Entstehung der stickstoffhaltigen Verbindungen wissen wir insonderheit so gut, wie gar nichts. Auch die von Mulder aufgestellte Ansicht, daß sie aus Ammoniaksalzen der Humussäuren,***) also aus huminsaurem, geïnsaurem, quellsatzsaurem oder quellsaurem Ammoniak hervorgehen, entbehrt des sichern Beweises, denn wenn es auch wahr ist, daß die Production stickstoffhaltiger Substanzen im Verhältniß zum Gehalt des Bodens an jenen Salzen steigt, so können einmal doch diese Stoffe in der Pflanze selbst nicht mehr nachgewiesen werden und andrerseits gedeihen viele Pflanzen auch ohne allen Humus, auf trockenem Sandboden, auf Mauern und Felsen, wo von Humus kaum wohl die Rede sein kann. Wir werden, wie es scheint, hier nicht eher zu einer klarern Einsicht gelangen, als bis vor Allem über die Constitution der stickstoffhaltigen, organischen Verbindungen ein helleres Licht verbreitet, bis es dargethan ist, aus welchen einfacheren Verbindungen dieselben zusammengesetzt sind. — Um die stickstofffreien Verbindungen steht es nicht viel besser; unsere Vermuthungen erhalten hier aber durch

---

*) Schleiden: Grundz. der wissenschaftl. Botanik. S. 294.

**) Vgl. Gregory-Gerding's organische Chemie. 1854. S. 783.

***) S. o. S. 208.

gewisse Thatsachen doch wenigstens einigen Halt. Wir wissen zunächst, und es ist leicht durch die einfachsten Versuche zu constatiren, daß die ganz junge Pflanze oder die jüngsten Pflanzentheile vorzugsweise reich sind an organischen Säuren, daß die saure Reaction des Pflanzensaftes späterhin und namentlich beim Reifen der Früchte abnimmt, daß anstatt der Säuren die sog. indifferenten Stoffe auftreten, daß sich endlich und erst in späteren Perioden des Wachsthums Harze, Oele u. s. w. in reicher Menge vorfinden. Es ist ferner mit Bestimmtheit ermittelt, daß jene organischen Säuren sämmtlich relativ sehr reich sind an Sauerstoff, daß in den indifferenten Stoffen die Menge desselben eine geringere ist, daß aber den Säuren gegenüber die Harze, die ätherischen Oele u. s. w. als sehr sauerstoffarme Verbindungen zu betrachten sind. Ist damit nicht der Schluß nahe gelegt, daß sich die indifferenten Stoffe aus den Säuren, die Harze und Fette vielleicht wieder aus jenen hervorbilden, und ist die Wahrscheinlichkeit eines solchen Geschehens nicht um so größer, als diese Bildungsprogression gar leicht in Uebereinstimmung mit den Erscheinungen der Sauerstoffabgabe und Kohlensäureaufnahme der Pflanze bei Tage und dem ungekehrten Vorgange bei Nacht zu bringen sein würde? Gesetzt, daß dem so wäre, so ließe sich als das Anfangsglied der ganzen Reihe stickstofffreier Stoffe vielleicht die so weit verbreitete wasserhaltige Oxalsäure betrachten, welche selbst unter Abgabe von 6 At. Sauerstoff aus dem Zusammentritt von 12 Theilen Kohlensäure und 6 Theilen Wasser hervorgehen würde; denn:

$$
\begin{array}{rl}
\text{12 Th. Kohlensäure} = & C_{12}\ O_{24} \\
\text{plus 6 „ Wasser} = & H_6\ O_6 \\
\hline
\text{bilden} = & C_{12}\ H_6\ O_{30} \\
\text{davon 6 At. Sauerstoff abgezogen} = & O_6 \\
\hline
\text{bleiben} = & C_{12}\ H_6\ O_{24}
\end{array}
$$

d. h. 6 Th. wasserhaltiger Oxalsäure. — Erlitte diese Säure jetzt durch irgend welche Verhältnisse einen Verlust von 9 At. Sauerstoff, so würden damit aus ihr 3 Th. Weinsäure hervorgehen, denn:

$$
\begin{array}{rl}
 & C_{12}\ H_6\ O_{24} \\
\text{minus 9 At. O} = & O_9 \\
\hline
\text{bleibt} = & C_{12}\ H_6\ O_{15}\ \text{d. h. 3 Th. Weinsäure.}
\end{array}
$$

Erlitte die Weinsäure wieder einen Verlust von 3 At. Sauerstoff, so würden aus ihr 3 Th. Aepfelsäure hervorgehen, denn:

$$\begin{array}{l} C_{12}\,H_6\,O_{15} \\ \text{minus}\quad O_3 \\ \hline \text{ist} = C_{12}\,H_6\,O_{12}\ \text{d. h.} = 3\ \text{Th. Aepfelsäure.} \end{array}$$

Durch ein Zerfallen der Säuren in Folge irgend welcher Verhältnisse könnten aber weiterhin sehr wohl die indifferenten Stoffe entstehen. Aus 8 Th. Weinsäure würde sich z. B. unter Abscheidung von 6 Th. nicht wasserhaltiger Oxalsäure 1 Th. trockner Traubenzucker bilden, denn:

$$\begin{array}{l} C_{24}\,H_{12}\,O_{30} = 6\ \text{Th. Weinsäure} \\ \text{minus}\ C_{12}\quad O_{18} = 6\ \text{Th. Oxalsäure} \\ \hline \text{ist} = C_{12}\,H_{12}\,O_{12} = 1\ \text{Th. Traubenzucker;} \end{array}$$

und verlöre dieser Traubenzucker wieder 2 Th. Wasser, so würde: $C_{12}\,H_{10}\,O_{10}$ übrig bleiben, d. h. die Verbindung des Stärkmehls, des Gummi, des Zellstoffs u. s. w. Zur Nachtzeit hinwieder könnten sich aus den Säuren ebenfalls die indifferenten Stoffe hervorbilden, indem sie Sauerstoff aufnähmen und Kohlensäure exhalirt würde; so könnten z. B. 6 Th. Weinsäure 6 At. Sauerstoff aufnehmen, 12 Th. Kohlensäure abgeben und in dieser Weise die Bildung von 1 Th. Traubenzucker bedingen, denn:

$$\begin{array}{l} 6\ \text{Th. Weinsäure} = C_{24}\,H_{12}\,O_{30} \\ \text{plus}\ 6\ \text{At. O} = O_6 \\ \hline \text{ist} = C_{24}\,H_{12}\,O_{36} \\ \text{davon}\ 12\ \text{Th. Kohlens. abgez.} = C_{12}\quad O_{24} \\ \hline \text{bleibt} = C_{12}\,H_{12}\,O_{12} = \text{d. h. } 1\ \text{Th. Traubenz.} \end{array}$$

Allein auch all diese Vorgänge entbehren des thatsächlichen Nachweises; auch in Betreff des Bildungsactes der einzelnen stickstofffreien Verbindungen sind wir nur auf gewisse Ahnungen und Hypothesen beschränkt. Angenommen selbst, daß es richtig wäre, daß sich die wasserhaltige Oxalsäure in Folge einer Wasserzersetzung bildete, daß dabei der Sauerstoff entweiche, der Wasserstoff aber in die organische Verbindung einträte, was nöthigt sie selbst, so wie die später entstehenden Verbindungen Sauerstoff abzugeben oder unter Umständen auch Sauerstoff aufzunehmen? Was ist es, das hier diese, dort eine andere Spaltung eines schon gebildeten Stoffes bedingt? So einfach, wie in der

eben gegebenen Darstellung, verhält es sich in der Natur scheinbar und wahrscheinlich nicht, und namentlich in Betreff der der Stärkmehlgruppe angehörigen Verbindungen, des Stärkmehls selbst, des Dextrins, der Cellulose, des Inulins (eines dem Stärkmehl ähnlichen Stoffes), des Zuckers u. s. w. haben wir allen Grund zu vermuthen, daß es sich hier um viel verwickeltere chemische Metamorphosen handelt. Wie in dem thierischen Organismus gewisse stickstoffhaltige Verbindungen auf die Umwandlung stickstofffreier gleich einem Fermente wirken, wie bei der Gährung ein stickstoffhaltiges Ferment (Hefe) die Zerlegung stickstofffreier Verbindungen (des Zuckers u. s. w.) herbeiführt, so scheint auch in der sich entwickelnden Pflanze die mit der der stickstofffreien Verbindungen gleichzeitig erfolgende Bildung stickstoffhaltiger Körper und die Gegenwart dieser auf die Production vieler sog. indifferenter Stoffe von großem Einfluß zu sein, Verhältnisse, welche wir aber bis dahin ebenfalls nur zu vermuthen, nicht aber schon zu übersehen vermögen.

Wir erwähnten noch nicht der Harze, der Fette und flüchtigen Oele, der Farbstoffe u. s. w., die in so reichlicher Menge in verschiedenen Pflanzen gebildet werden und deren Zusammensetzung sich den stickstofffreien und sauerstoffreichen Pflanzensäuren gegenüber durch eine große Armuth oder selbst ein gänzliches Fehlen des Sauerstoffs auszeichnet. So besteht die Palmitinsäure, welche in Verbindung mit Lipyloxyd *) das Palmitin bildet, aus $C_{32} H_{31} O_3 + HO$; ihr ähnlich zusammengesetzt sind: die Coccinsäure im Cocusnußfett, die Myristicinsäure in der Muscatbutter, die Laurinsäure im Lorbeeröl u. m. a.; so besteht ferner der Campher aus $C_{20} H_{16} O_2$, das Zimmtöl aus $C_{20} H_{11} O_2$; so das Terpenthinöl aus $C_{20} H_{16}$. Allein auch über die Bildung dieser Körper wissen wir bis dahin nichts Bestimmtes; ihre Armuth an Sauerstoff und ihr relativer Reichthum an Kohlenstoff machen es höchstens wahrscheinlich, daß sie sich aus sauerstoffreicheren, vielleicht aus den stärkemehlartigen Verbindungen, auf dem Wege der Desoxydation hervorbilden. Unter den Farbstoffen ist der wesentlichste: das Chlorophyll. Dasselbe besteht aus microscopischen Kügelchen, welche in dem Zellsaft schwimmen und einen wachsartigen, von dem eigenthümlichen, grünen,

---

*) S. oben S. 37.

stickstoffhaltigen, Chlorophyll genannten, Farbstoff umhüllten Kern besitzen. Seine Bildungsgeschichte ist aber ebenfalls unbekannt. Und nicht anders steht es endlich mit den übrigen Farbstoffen, dem rothen, dem gelben, dem blauen u. s. w.; Stoffe, welche sich meistens gelöst im Pflanzensaft, seltener in die Wandung der Zelle selbst aufgenommen finden, oder gleich dem Chlorophyll, in Kügelchenform im Zellsaft schwimmen.

So reducirt sich denn Alles, was wir über die Entstehung der organischen Verbindungen aus den unorganischen Nahrungsstoffen der Pflanze sagen können, auf einige mehr oder weniger wahrscheinliche Hypothesen; ein weites Feld der Arbeit liegt hier noch vor uns. Der bedeutungsvollste Theil des Lebens der Pflanze, die Art und Weise, in welcher sie die rohen Stoffe des Bodens und der Luft zu jenen mannigfaltigen Stoffen, an deren Genuß und Anblick wir uns täglich erfreuen, zusammenfügt, ist noch unenträthselt. Wir wissen, wie die Zelle entsteht, wie sich die einmal vorhandene Zelle durch Theilung u. s. w. vermehrt und wieder vermehrt, wie dadurch das Wachsthum der ganzen Pflanze herbeigeführt wird. Wie aber entstehen eiweißartige Verbindung und junger Zellstoff in der Mutterzelle, um der neuen Zellenbildung das Material zu liefern? Nur die sorgfältigste, nach dem Muster Boussingault's im Kleinen und mit einzelnen Pflanzen angestellten Untersuchungen, nur Untersuchungen, die Schritt für Schritt die chemische Zusammensetzung der sich entwickelnden Pflanze verfolgen und dieselbe unter den verschiedenartigsten künstlichen Bedingungen in dem eigenen Verhalten zu erkennen trachten, scheinen uns hier zunächst einen Schritt fördern zu können.

Doch wenden wir den Blick noch nach einer andern Seite. Ungelöst zwar, so sagen wir, ist bis dahin die Frage, in welcher Weise sich die Elementarstoffe der Kohlensäure, des Ammoniaks und des Wassers zusammenfügen, um die stickstoffhaltigen sowohl, als stickstofffreien organischen Verbindungen zu bilden. Sind uns nicht aber dennoch gewisse Bedingungen und Verhältnisse bekannt, welche für die Realisation jener Bildungsprocesse unerläßlich nothwendig sind? Niemand zweifelt daran, daß die Pflanze für ihr Wachsthum und Gedeihen eines gewissen Wärmegrades, daß sie ferner des belebenden Lichtstrahls bedarf; nicht unwahrscheinlich

ist es, daß auch die Electricität des Luftkreises einen anregenden Einfluß auf sie ausübt. Wärme, Licht und Electricität dürfen wir als wahre Lebensbedingungen der Pflanze betrachten. Aber ein Viertes steht ihnen noch zur Seite. Es sind die oft erwähnten mineralischen Bestandtheile des Erdbodens, welche eben für die Realisation der organischen Bildungsprocesse der Pflanze von der größten Bedeutung sind, und mit Liebig möchten wir fragen: „wie es nur möglich war, daß es eine Zeit gab, wo man diese Bestandtheile des Bodens und weiterhin der Pflanze selbst als nicht wesentlich oder erforderlich betrachtete!" Es dienen diese Bestandtheile nicht etwa nur dazu, das Gerüst der Pflanze bilden zu helfen, demselben Festigkeit zu verleihen, sie haben auch die Aufgabe, die Bildung der organischen Verbindungen zu vermitteln; es ist und bleibt Liebig's großes Verdienst, uns hier die ersten Gesichtspunkte eröffnet, uns mit den wichtigsten und für die Agriculturchemie so besonders erheblichen Thatsachen bekannt gemacht zu haben. Den Beobachtungen, Erfahrungen und Anschauungen, welche er in seiner „Organischen Chemie in Anwendung auf die Physiologie und Agricultur" zuerst vorlegte, hat er neuerdings durch seine Schrift „Die Grundsätze der Agriculturchemie" eine neue und lehrreiche Zugabe verliehen; beide, und insonderheit die letztere Arbeit, weisen auf das Ueberzeugendste nach, daß die Gegenwart der mineralischen Bodenbestandtheile, die immer auch einen Bestandtheil des Zellsaftes bilden, ein nothwendiges Erforderniß für die Bildung der organischen Verbindungen ist. Auch sie sind also Lebensbedingung für die Pflanze, und um so mehr nur, als es sich hier um ein für die Praxis so äußerst wichtiges Verhältniß handelt, um so mehr nur als ein richtiges Verständniß desselben für das Studium der Lebenserscheinungen der Pflanze dringend erforderlich ist, wollen wir uns mit ihnen ausführlicher beschäftigen.

Die Menge und Art der unorganischen Verbindungen ist in verschiedenen Pflanzen und auch in einzelnen Theilen derselben eine sehr verschiedene. Die eine enthält vorwiegend Kieselsäure, die andere Kalk- und Talkerde, die dritte Natron und Kali, die vierte Phosphorsäure und Schwefelsäure. Man hat nach diesem vorwiegenden Gehalt an bestimmten mineralischen Bestandtheilen die Culturpflanzen sogar in Kiesel-, Kalk-, Alkali- und Phosphorpflanzen eingetheilt, und rechnet zu

den erstern den Hafer, die Gerste und die übrigen Cerealien, insofern ihr Stroh besonders reich ist an Kieselerde, zu den zweiten den Wiesenklee, die Luzerne, den Taback und das kalkreiche Kartoffel- und Erbsenstroh, zu den dritten die weiße Rübe, die Runkelrübe, die Kartoffelfrucht, zu den vierten endlich den Weizen, den Roggen, die Erbsen, die Saubohnen, den Mais und die Gerste, insofern ihre Frucht vorzugsweise reich ist an Phosphorsäure. Die Gerste würde darnach eine Kiesel- und Phosphorpflanze zugleich sein, die Kartoffel eine Kalk- und Alkalipflanze u. s. w. *) — Wird uns damit nicht schon von selbst die Vermuthung nahe gelegt, daß die mineralischen Bestandtheile auch eine bestimmte Beziehung zu der Entwicklung der ganzen Pflanze haben müssen? Auf ein und demselben Boden, dem es an keinem der mineralischen Bestandtheile fehlt, können sich möglicherweise Kiesel- und Phosphor-, Kalk und Alkalipflanzen, also alle Culturpflanzen entwickeln; jede derselben enthält aber dennoch vorwiegend nur bestimmte mineralische Bestandtheile. Müssen wir daraus nicht schließen, daß nur diese, nicht so aber die übrigen, vorzugsweise erforderlich waren für ihre Entwicklung? Auf einem andern Boden können möglicherweise die Kalkpflanzen in reicher Fülle gedeihen, die Alkalipflanzen aber nicht. Wenn uns die Untersuchung des Bodens jetzt nachweist, daß er

*) Eine Zusammenstellung verschiedener Analysen von verschiedenen Pflanzenaschen hat Schleiden in seinen Grundz. der wissenschaftl. Botan. II. S. 567 gegeben. Beispielsweise führen wir einige dieser Analysen an:

	Kali- und Natronsalze	Kalk und Magnesiasalze	phosphorsaure Salze	Kieselerde
Stroh u. Saamen des Hafers enthalten: . .	34,00	4,00	—	62,00
Stroh des Roggens . .	18,65	16,52	6,98	63,89
Wiesenklee	39,20	56,00		4,90
Kartoffelkraut	6,97	53,17	9,78	29,81
weiße Rüben	81,60	18,40		
Kartoffeln	85,81	14,19		
weißer Waizen . . .	52,98	38,02	91,67	
Roggen	65,16	32,12	96,18	
Erbsen	71,50	24,55	85,46	

arm ist an Alkalien, müssen wir nicht wieder schließen, daß sich die Alkalipflanze nur deshalb nicht entwickelte, weil es an jenen fehlte? Weshalb gedeiht dort die Kartoffel, die Saubohne aber nicht? Weshalb hier wieder die Saubohne und die Kartoffel neben ihr? An Kohlensäure, an Wasser, an Ammoniak fehlt es an beiden Orten nicht; die Temperaturverhältnisse sollen ebenfalls beider Orten gleich sein; kann der Grund jener Erscheinung in andern Verhältnissen liegen, als den ungleichen Mengenverhältnissen der unorganischen, mineralischen Bestandtheile? Lassaigne säete Waizenkörner in zwei verschiedene Gläser, die er mit gereinigtem Kieselsand gefüllt hatte. Das eine Gefäß wurde mit kohlensäurehaltigem Wasser begossen, welches phosphorsauren und kohlensauren Kalk enthielt, das andere nur mit kohlensäurehaltigem Wasser. Die Körner keimten unter einer Glocke von 10—12° C. Die Pflänzchen, denen die Kalksalze geboten waren, wurden nicht nur höher, grüner, überhaupt kräftiger entwickelt, sondern sie hinterließen bei der Verbrennung auch mehr Asche, in einem Versuche sogar fünfmal mehr, als die Pflänzchen, die des phosphorsauren und kohlensauren Kalkes entbehrten.*) Kann es einen schlagendern Beweis für die Bedeutung der mineralischen Bodenbestandtheile geben? — Und noch weiter. Nicht nur, daß bestimmte Pflanzen auch stets und überall, wo sie gedeihen, bestimmte mineralische Bestandtheile überhaupt enthalten; nach den lehrreichen Untersuchungen von Berthier und de Saussure, scheint es, daß auch die Menge derselben in bestimmten Pflanzen stets eine bestimmte ist, und zwar in so fern, als der Sauerstoffgehalt ihrer Basen sich stets gleich hoch beläuft. de Saussure fand, daß 1000 Theile Fichtenholz vom Mont Breven 11,87 Theile Asche, 1000 Theile Fichtenholz vom Mont La Salle aber 11,28 Theile Asche lieferten; eine weitere Analyse ergab dann, daß 100 Theile Fichtenasche vom Mont Breven enthielten:

kohlensaures Kali	=	3,60 Th.
kohlensauren Kalk	=	46,34 „
kohlens. Bittererde	=	6,77 „
Summe der kohlens. Salze	=	56,71 Proc.

*) Lassaigne, Annal. de chim. et phys. 3e. série. Tom. XXV. p. 346.

der Sauerstoffgeh. des Kali's	beträgt aber	in jenem	Salz	= 0,415 Th.
„ „ „ Kalks	„	in dem	Kalksalz	= 7,327 „
„ „ der Bittererde	„	„ „	Bittererdes.	= 1,265 „
Summe des Sauerstoffgehaltes der Basen				= 9,007;

daß ferner 100 Theile Fichtenasche vom Mont La Salle enthielten:

kohlensaures Kali	= 7,36
kohlensauren Kalk	= 51,19
Bittererde „	= 00,00
Summa der kohlensauren Salze	= 58,55.

Der Sauerstoffgehalt der Basis beträgt hier aber im Kalisalz	= 0,85
„ Kalksalz	= 8,10
Summe des Sauerstoffgehalts der Basen	= 8,95.

Ist es nicht auffallend, daß das Verhältniß dieses Sauerstoffgehaltes der Basen in zwei zwar gleichen, aber an ganz verschiedenen Orten erwachsenen Pflanzen, fast ganz dasselbe ist? Und zu demselben Resultate gelangte Berthier. Er analysirte zwei Tannenaschen, die eine von einer norwegischen Tanne, die andre von einer französischen im Departement de l'Isère gewachsenen. Jene enthielt in 100 Theilen:

Kali . . .	14,1 Th.	Sauerstoffgehalt = 2,4
Natron . .	20,7 „	„ = 5,3
Kalk. . .	13,6 „	„ = 3,82
Magnesia .	4,35 „	„ = 1,69
Summe	= 52,75	13,21

diese ebenfalls in 100 Theilen:

Kali u. Natron	16,8	Sauerstoffgehalt = 3,57
Kalk	29,6	„ = 8,36
Magnesia . .	3,3	„ = 1,26
Summe	= 49,7	13,19.

Also auch hier differirt der Sauerstoffgehalt der Basen nur um 0,02. Wir wissen noch nicht, welches die Beziehung dieser Basen zu den Bildungsvorgängen der organischen Verbindungen selbst ist, dürfen wir aber zweifeln, daß ein so auffallendes Verhältniß von irgend einer und zwar sehr erheblichen Wichtigkeit ist? Wir haben erfahren, daß sich in

der jungen Pflanze stets organische Säuren bilden; wir wissen, daß diese Säuren sich mit den Basen, die nicht etwa schon an stärkere mineralische Säuren gebunden sind, zu Salzen verbinden. Die Menge dieser Salze und besonders die Menge der sich mit den Basen verbindenden Pflanzensäuren muß offenbar in jedem Falle je nach der Menge der Basen und deren Sauerstoffgehalt verschieden sein, *) die gesammten Bildungsvorgänge müssen darnach wieder in jedem Falle eine besondere Richtung erhalten.

Wir vermuthen somit nicht ohne Grund, daß die unorganischen Bestandtheile des Bodens von großer Bedeutung für das Leben der Pflanze, für die Bildung der organischen Verbindungen sind. Liebig geht aber noch einen Schritt weiter. Er bringt in seinen oben citirten Schriften schon bestimmte unorganische Bestandtheile des Bodens in eine bestimmte Beziehung zur Bildung bestimmter organischer Verbindungen, und so mannigfache Anfeindungen diese Theorie auch zu erleiden gehabt hat, die agriculturchemischen Erfahrungen in Sachsen, in England, ja selbst diejenigen seiner öffentlichen Gegner, scheinen mehr und mehr darzuthun, daß sie dennoch den Kern einer großen Wahrheit bildet, einer Wahrheit, die für den praktischen Landwirth schon von unberechenbarem Nutzen ist, für die Physiologie der Pflanzen aber, ja für die gesammte Lehre vom Leben der Organismen eine neue Aera eröffnet hat. Fassen wir die Hauptsätze kurz zusammen, so spricht Liebig es geradezu aus, daß die alkalischen Basen die Bildung der Pflanzensäuren, des Stärkmehls, des Zuckers, überhaupt der stickstofffreien Verbindungen vermitteln, daß dagegen die phosphorsauren und schwefelsauren Salze des Erdbodens nothwendige Erfordernisse sind für die Bildung der stickstoffhaltigen Stoffe. „Alle Pflanzensäuren," so heißt es S. 84 der „Organischen Chemie" (5. Aufl.) „sind an Basen gebunden, an Kali, Natron, Kalk oder Bittererde; nur einige Pflanzen enthalten freie organische Säuren; diese Basen sind es offenbar, welche durch ihr Vorhandensein die Entstehung der Säuren vermitteln. „Durch die Zufuhr

*) Für jedes Atom Sauerstoff, welches eine Basis enthält, nimmt diese bei der Bildung eines neutralen Sauerstoffsalzes 1 Atom Säure auf; bei der Bildung eines sauren Salzes mehre Atome Säure.

von Ammoniak (und Kohlensäure)" lesen wir weiter (pag. 245), „werden die Zwecke der Agricultur nicht erfüllt; so nothwendig auch das Ammoniak für die kräftige Entwicklung der Pflanze ist, so reicht es dennoch für sich allein nicht aus zur Erzeugung von vegetabilischem Caseïn, Fibrin und Albumin (d. h. von stickstoffhaltigen Verbindungen), denn ohne die begleitenden Alkalien, ohne schwefelsaure und phosphorsaure Salze kennen wir diese Stoffe nicht; wir müssen voraussetzen, daß ohne ihre Mitwirkung das Ammoniak auf die Entwicklung und Bildung der Saamen nicht die geringste Wirkung ausübt, daß es ganz gleichgültig ist, ob wir Ammoniak zuführen, oder nicht, es wird keinen Antheil nehmen an der Bildung der Blutbestandtheile, wenn die andern Bedingungen zu ihrer Erzeugung nicht gleichzeitig vorhanden sind." Finden diese Sätze nicht ihre Bestätigung durch die praktischen Erfahrungen des Landwirthes? Hat sie Liebig nicht selbst durch die Art und Weise, wie er ein dürres Sandfeld in der Nähe Gießen's *) fruchtbar machte, praktisch bewahrheitet? Wir dürfen heutigen Tages vielleicht sogar schon eine neue Beziehung eines unorganischen Stoffes zur Bildung gewisser organischer Verbindungen hinzufügen. Wir wissen durch die Untersuchungen von Harley **) und Verdeil, ***) daß sowohl das Draconin oder Drachenblut, d. i. der rothe, harzige Farbstoff aus der Dracaena draco, als das Chlorophyll, d. i. der grüne Farbstoff der Pflanzen, eisenhaltig sind. Die in Salzsäure gelöste Asche des gereinigten sowohl, als ungereinigten Draconin gaben, als Beweis für die Anwesenheit des Eisens, mit Cyaneisenkalium, Berlinerblau und mit Rhodankalium eine rothe Lösung. Wir wissen ferner durch Harley's u. A. Untersuchungen, daß die im thierischen Organismus vorkommenden Farbstoffe, das Blutroth, das Gallengrün, der Harnfarbstoff u. s. w. stets von Eisen begleitet sind. Dürfen wir nicht vermuthen, daß dieses Eisen, ursprünglich dem Erdboden entstammend, auch eine bestimmte Beziehung zur Bildung der Farbstoffe in der

---

*) S. Grundsätze der Agriculturchemie.

**) Harley: Verhandl. der physik. med. Gesellsch. zu Würzburg. Bd. V. 1854.

***) Compt. rend. de l'Acad. de Paris. Tom. XXXIII. pag. 689.

Pflanze hat, ähnlich wie es bekannter Weise eine bestimmte Beziehung hat zu dem rothen Farbstoffe des Blutes der Thiere? Wir wollen es uns keineswegs verhehlen, daß über die Art und Weise, wie denn die unorganischen Bodenbestandtheile „Vermittler" der Bildung der organischen Verbindungen werden, auch Liebig keinen Aufschluß gegeben hat, daß uns mit jenen Sätzen noch kein tieferer Blick in die Bildungsprocesse der Pflanze selbst eröffnet ist. Wenn wir aber erfahren, daß in England durch die Zufuhr von phosphorsauren Salzen, durch Knochendüngung, der Ertrag gewisser, an diesen Bestandtheilen erschöpfter Felder „wie durch einen Zauber ums Doppelte" erhöht wurde,*) wenn uns die schon oben angeführten Versuche Lassaigne's ein Gleiches lehrten, so liegen uns damit Thatsachen vor, die die Bedeutung der unorganischen (mineralischen) Bodenbestandtheile unzweifelhaft darthun und es steht außer Frage, daß ein weiterer Verfolg dieser Verhältnisse mit der Zeit auch eine tiefere Einsicht in das Leben der Pflanze selbst eröffnen wird. Hebe man doch nur den Kern der Liebig'schen geistvollen Deductionen heraus! Hafte man doch nicht kleinlich an einzelnen Worten! Mag es auch sein, daß Liebig in seiner Agriculturchemie die Wichtigkeit der Ammoniaksalze unter den übrigen unorganischen Bestandtheilen des animalischen Düngers nicht dringend genug hervorhob, daß die Zufuhr von Ammoniak zu den fruchttragenden Feldern gegenüber der Zufuhr der mineralischen Bestandtheile (der phosphorsauren Salze u. s. w.) dennoch eine sehr wesentliche Bedingung für die reiche Fruchtbildung ist, die Größe des Verdienstes liegt darin, die hohe Wichtigkeit und die Beziehung der stets gering geschätzten oder gar nicht beachteten mineralischen Bodenbestandtheile zur Bildung und Metamorphose organischer Verbindungen im pflanzlichen, wie thierischen Organismus zuerst hervorgehoben und mit hellen Farben geschildert zu haben, und das ist ein Verdienst, dem die vollste Anerkennung der Mitwelt gebührt und für das die Nachwelt die Krone flechten wird! Und ob wir auch noch am Eingange der Erkenntniß stehen, nur mit dem Wissen schon, daß jene Beziehung existirt, ist ein unschätzbares Etwas gewonnen, mit ihm erst sind wir dem Begriffe von dem Wie? der Lebensvorgänge der

*) S. Liebig's Chemische Briefe. 3. Aufl. S. 633.

Organismen nahe getreten. Dank also Liebig für das, was er uns gegeben. Wer auch der Ergründung der Lebenserscheinungen der Organismen in Zukunft Aufmerksamkeit und Fleiß zuwendet, er muß doch auf dem Boden bauen, den Liebig zuerst erschloß, seine Aufgabe ist, den Saamen zur Reife zu bringen, der hier mit reicher Fülle gesäet!

Doch ehe wir diesen interessanten Gegenstand verlassen, müssen wir noch eines und zwar eines sehr bedeutsamen Verhältnisses gedenken. Wir sagten oben, daß die einen Pflanzen vorwiegend Alkalien, die andern vorwiegend alkalische Erden enthielten; zu jenen rechnen wir insonderheit das Natron und Kali, zu diesen den Kalk und die Magnesia. Ist es gleichgültig für das Leben der Pflanze, welches von diesen Alkalien und welche der Erden in sie aufgenommen wird? Gleichgültig gewiß nicht. Aber dennoch finden wir hier die Einrichtung getroffen, daß sich Kali und Natron einer=, und Kalk und Magnesia andrerseits zum Theil wenigstens und in gewisser Beziehung vertreten können, und es hat die Natur damit ein Mittel geboten, durch welches die Beschränkung der Cultur gewisser Pflanzen auf ganz bestimmte Localitäten vermindert wird. Fehlt es einem Boden an Kali, enthält er dagegen Natron in hinreichender Menge, so wird die Alkalipflanze dennoch auf ihm gedeihen können; und ist wieder ein Boden nicht reich genug an Kalk, fehlt es ihm dagegen nur nicht an Magnesia, so wird die Kalkpflanze sich dennoch auf ihm cultiviren lassen. Ueberraschend treten uns diese Verhältnisse entgegen, wenn wir die Zusammensetzung der Aschen auf verschiedenem Boden gezogener gleichartiger Pflanzen vergleichen. Nur einige Beispiele davon:

Der Waizen enthält nach der Analyse von Horsford in 100 Th. Asche:

	Natron	Kali	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure
bei Gießen	0	33,8	3,0	13,5	49,2
in Holland	28,2	6,5	3,9	13,1	46,8
bei Solz (Kurhessen)	10,3	24,4	3,0	13,7	46,0
Der Roggen:					
bei Gießen	4,4	32,7	2,9	10,1	47,0
„ Cleve	18,36	11,1	6,8	10,2	50,3
„ Leipzig	—	30,4	3,0	11,3	45,5

Die Erbsen:

	Natron	Kali	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure
bei Gießen	3,9	39,5	5,9	6,4	34,5
in Holland	12,9	34,9	2,5	8,8	35,3
im Elsaß	1,8	36,3	10,3	12,2	31,0

Ist es nicht, und hier zwar in Betreff des Natron und Kali, auffallend, daß, wiewohl sie beide in ihrem gegenseitigen Mengenverhältniß sehr wechselnd sind, die Summe beider in verschiedenen Ländern doch, abgesehen von einigen leicht begreiflichen Differenzen, nahezu dieselbe ist? Die Asche des Waizens enthält bei Gießen gar kein Natron, dagegen 33,8 Proc. Kali, die Asche desselben Getreides enthält in Holland 28,2 Proc. Natron und nur 6,5 Proc. Kali, in Solz wieder enthält dieselbe Asche 10,3 Proc. Natron und 24,4 Proc. Kali. Die Summe beider Alkalien beträgt aber bei Gießen 33,8 Proc., in Holland 34,7 Proc., bei Solz 34,7 Proc., sie ist also überall dieselbe. Muß dieses Untersuchungsresultat nicht unmittelbar zu der Ansicht hinführen, daß Natron und Kali in Bezug auf ihre physiologische Dignität gleiche oder doch sehr ähnliche Werthe besitzen, daß sie sich also gegenseitig vertreten können? Und ähnlich verhält es sich mit dem Kalk und der Magnesia, wie es zwar weniger hier, um so auffallender aber durch die schon oben angeführten Analysen der Fichtenaschen dargethan wird. Wäre das Gedeihen einer Pflanze gebunden an einem bestimmten Gehalt des Bodens an Kali, an Natron, an Kalk, an Magnesia, so würde die Möglichkeit desselben eine sehr beschränkte sein, denn eben diese Bestandtheile des Bodens wechseln in verschiedenen Ländern sehr beträchtlich; so aber ist eine weise Fürsorge getroffen, daß dasselbe Getreide an möglichst vielen Orten gedeihen kann, denn findet die Saat kein Natron, so leistet das etwa vorhandene Kali dasselbe, und findet sie nicht hinreichend Kalk, so vermag, wie es scheint, die Magnesia die Functionen desselben zum Theil wenigstens zu erfüllen.

Und zum Schluß noch eins. Wir gehen von der Annahme aus, daß Qualität und Menge der mineralischen Bestandtheile der Pflanze von großem Einfluß sind auf die Bildung organischer Verbindungen. Sorgfältige Untersuchungen haben nun aber ergeben, daß die relative Menge jener Bestandtheile im Ganzen sowohl, als im Einzelnen in

verschiedenen Lebensperioden der Pflanze eine sehr wechselnde ist, daß die junge Pflanze relativ mehr von denselben und namentlich von einzelnen unter ihnen enthält, als die ältere, in der Fruchtzeit stehende. Es ist dies Verhältniß ohne Frage dadurch bedingt, daß während des Wachsthums, der Blüthe und Fruchtzeit die Menge der sich bildenden organischen Verbindungen (des Eiweißes, Mehls, Zuckers, Gummis, Zellstoffs u. s. w.) immer mehr zunimmt, die mineralischen Bestandtheile aber, in Folge der Diffusionsgesetze (s. o.) und ihrer oftmals beschränkten im Boden enthaltenen Menge, eine gewisse Quantität nicht überschreiten. Muß damit nicht ein bedeutsamer Einfluß auf die gesammten, zu verschiedenen Lebensperioden der Pflanze statthabenden Bildungsvorgänge ausgeübt werden? Muß jenes Verhältniß nicht Antheil haben an dem Umstande, daß sich in der jungen Pflanze vorzugsweise Säuren, in ältern neben Säuren vorzugsweise indifferente Stoffe, in noch ältern neben Säuren und indifferenten Stoffen viele Harze, ätherische Oele u. s. w. bilden, daß mit andern Worten jetzt die Pflanze nur Blätter treibt, jetzt blüht, jetzt Frucht ansetzt? Wir dürfen annehmen, daß Kohlensäure, Wasser und auf gedüngtem oder humusreichem Boden auch Ammoniak der Pflanze zu jeder Lebensperiode in gleicher Menge zufließen, mit den unorganischen Bestandtheilen des Erdbodens ist das aber zufolge bestimmter in der Pflanze selbst gelegener Verhältnisse nicht der Fall, sie nimmt von diesen nur bestimmte Mengen auf. Die Resultate der Bildungsvorgänge müssen darnach verschieden ausfallen, und was wir als ein Wunder bezeichnen möchten, ich meine die geregelte Zeitfolge von Wachsthum, Blüthe und Frucht, von Säure-, Zucker-, Mehl-, von Holz-, Harz- und Oelbildung, sehen wir auch hier unter der Herrschaft physikalischer und chemischer Gesetze stehen. Die Pflanze muß jetzt wachsen, muß jetzt blühen, muß jetzt Frucht tragen, weil die physikalischen und chemischen einmal gegebenen Verhältnisse jetzt so und jetzt anders beschaffen sind; eins dieser variirenden Verhältnisse ist aber das der unorganischen in der Pflanze enthaltenen Bestandtheile. Dr. Schulz-Fleeth*) wies nach, daß die junge trockene Roggenpflanze im Januar 7,1 Proc. Asche enthält, im Mai 11,2 Proc., in der

*) S. Poggendorff's Annalen. Band 92. 3. S. 419.

Blüthezeit 5,05 Proc. und zur Zeit der Reife 4,15 Proc. Auch die einzelnen unorganischen Bestandtheile fand er in verschiedenen Lebensperioden in verschiedenem relativen Mengenverhältniß. Die Asche der jungen Roggenpflanze enthielt in 100 Theilen:

	Kali	Chlorkalium	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselerde
im Januar:	37,9	12,7	3,11	3,8	18,2	2,7	6,2
im Mai:	36,9	8,7	7,8	2,7	13,3	2,3	10,7
in der Blüthezeit:	32,1	6,0	6,9	2,9	12,8	1,4	21,3
zur Erndtezeit:	18,8	2,4	6,8	3,7	14,0	1,5	42,8.

Es werden offenbar diese letztern Verhältnisse dadurch herbeigeführt, daß die Pflanze in verschiedenen Lebensaltern gewisse Bodenbestandtheile, die sie im Boden immer vorfindet, noch aufnimmt, für andere dagegen keine Aufnahmsfähigkeit mehr besitzt. Doch wie dem auch sei, gleichgültig für das Leben der Pflanze können dieselben nicht sein, die Bildungsverhältnisse der organischen Verbindungen müssen in gewisser Beziehung von ihnen abhängig sein. Wir werden um so mehr zu dieser Vermuthung hingedrängt, als es weiterhin durch die Untersuchungen von E. Wolff, *) Saussure **) u. A. dargethan ist, daß sich die mineralischen Bestandtheile des Saftes in verschiedenen Lebensperioden der Pflanze verschieden auf die einzelnen Theile der Pflanze vertheilt finden. So fand Wolff, daß die schwefelsauren Salze schon zeitig im Frühjahr in den Knospen und Blättern sich ansammeln, während sie aus allen andern Theilen der Pflanze verschwinden; Saussure ferner ermittelte, daß die alkalischen Basen im Holzkörper in der geringsten Menge enthalten seien, ihr Gehalt dagegen am größten ist in den Organen, welche die Assimilation vermitteln. „In den Blättern findet sich

*) S. Journal für prakt. Chemie. Bd. 51. S. 1.

**) Vgl. Liebig's Organ. Chemie in Anwendung auf Agricultur u. Physiol. 5te Aufl. S. 85.

mehr Kali, mehr Asche, als in den Zweigen, diese sind reicher daran, als der Stamm." Es werden also die mineralischen Bestandtheile von den ältern Pflanzentheilen zu den jüngern hingezogen, und während sie dort die Bildung von organischen Säuren vermitteln, wird ihre Abwesenheit oder relativ geringere Menge hier für die Bildung anderer organischer Verbindungen, vielleicht des Stärkmehls, Zuckers, Holzes, Korkes u. s. w. eine nothwendige Bedingung sein. Daß sich aber die mineralischen Bestandtheile in dieser verschiedenen Weise vertheilen, scheint wieder von en- und exosmotischen Gesetzen bedingt zu sein. Haben sich in den jüngsten Zellen Säuren gebildet, so werden die Alkalien von denselben angezogen werden, während die ältern Pflanzentheile daran verarmen. Es beruht auf diesen Verhältnissen, und ein Jeder kann sich leicht mit einem Streifen Lackmuspapier davon überzeugen, daß die jüngern Pflanzentheile meistens stark sauer, die ältern weniger sauer oder neutral oder alkalisch reagiren. Payen *) theilt uns sogar mit, daß er in einigen größern Zellen der Blätter von Urticeen einen neutral oder alkalisch reagirenden Saft und selbst Anhäufungen von kohlensaurem Kalk fand, während der Saft in der Nähe befindlicher Zellen eine saure Reaction besaß. Liebig wieder führt das insonderheit in dürren Sommern zu beobachtende Absterben der dem Erdboden nahe befindlichen Blätter darauf zurück, daß sie der mineralischen Bestandtheile beraubt werden, indem diese den jungen Trieben zuströmen. **) Die Bedeutung der in verschiedenen Lebensperioden der Pflanze verschiedenen relativen Mengen der einzelnen mineralischen Bestandtheile und der ungleichen Vertheilung derselben in der Pflanze kann darnach kaum zweifelhaft sein. Zwar übersehen wir auch hier noch nicht klar den Zusammenhang der einzelnen Erscheinungen und die Bedeutsamkeit der einzelnen Coëfficienten des Pflanzenlebens, aber wir sind durch die nach und nach sich häufenden und mühsam gewonnenen einzelnen Thatsachen mehr und mehr zu Vermuthungen berechtigt, welche zunehmend an Sicherheit und Wahrscheinlichkeit gewinnen und welche die Zukunft, wie wir glauben, ebenfalls zu sichern Thatsachen erheben wird.

---

*) Compt. rend. XXVII. 1.

**) S. Chemische Briefe S. 639.

So viel über die Bedeutung der mineralischen Bodenbestandtheile als der wichtigsten Hülfsmittel für die Entstehung organischer Verbindungen in der Pflanze. Als weitere für die letztere erforderliche Bedingungen bezeichneten wir oben die Wärme, das Licht und die Electricität.

Auch der Einfluß, welchen diese mächtigen Agentien unfehlbar auf das Leben der Pflanze ausüben, ist noch keineswegs in genügender Weise erforscht. Wir dürfen mit Bestimmtheit annehmen, daß sie für die Herstellung chemischer Verbindungen, für deren Metamorphosen und Spaltungen, ähnlich wie bei der Herstellung derselben außerhalb eines Organismus (im chemischen Laboratorium), von hoher Bedeutung sind; wo und wie sie aber eingreifen in das Schaffen und Bilden der Pflanze ist nur zum geringsten Theil thatsächlich erwiesen.

Was zunächst die Wärme anbetrifft, so haben wir bei der Pflanze, eben so wie bei dem Thiere, die mitgetheilte Wärme von der Eigenwärme des Organismus zu unterscheiden. Auch die Pflanze entwickelt selbständig Wärme. Durch Dutrochet's, Saussure's u. A. Beobachtungen an sehr feinen thermometrischen Instrumenten wurde ermittelt, daß in freier Luft vegetirende Pflanzentheile, Blätter, junge Triebe u. s. w. eine Eigenwärme besitzen, welche um $1/_{12}$ — $1/_3$ ° C. die Temperatur der Luft übertrifft; daß diese Eigenwärme ferner ein nächtliches Sinken und ein Steigen während des Tages zeigt. Bei gewissen Pflanzen oder Pflanzentheilen war die Wärmeentwicklung viel bedeutender; so fand Dutrochet, daß die Blüthen der Aroideen eine um 10—12 ° C. höhere Temperatur besaßen, als die umgebende Luft; Goeppert ferner wies nach, daß sich verschiedene Saamen in der Menge von etwa einem Pfunde in Keimung versetzt, bei einer Lufttemperatur von 7—15° auf 12—40° erwärmten.*) Es ist diese Wärmeentwicklung ohne Frage eine Folge der in der Pflanze vor sich gehenden chemischen Bildungsakte, insonderheit der Oxydationsvorgänge, der Kohlensäurebildung u. s. w.; denn Saussure beobachtete, daß eine Blüthe von Arum maculatum vor ihrer Erwärmung oder nach erloschener Erwärmung in 24 Stunden nur das Fünffache ihres eigenen

*) Vgl. H. v. Mohl a. a. O. „Die vegetabilische Zelle.“ S. 257.

Volumens von Sauerstoffgas verzehrte, während eine warme Blüthe das dreißigfache Volum an Sauerstoff aufnahm. Sollte sie aber gleichzeitig, ähnlich der thierischen Wärme, auch wieder anregend oder bedingend einwirken auf die Lebensvorgänge in der Pflanze? Wo die Eigenwärme um 10 — 12 ° höher ist als die Lufttemperatur, ist allerdings ein solcher Einfluß wahrscheinlich, und namentlich beim Keimungsproceß möchte sie ein nicht zu übersehendes, die Stoffmetamorphose und Stoffbildung influencirendes Moment sein; wo sie jedoch, wie es fast durchgehends bei den über der Erde befindlichen Pflanzentheilen der Fall ist, nicht höher über die Lufttemperatur hinaussteigt, als um $1/_{12}$ — $1/_3$ ° C., dürfte ein solcher Einfluß kaum annehmbar sein. Hier kommt nicht sowohl die Eigenwärme, als die mitgetheilte Wärme in Betracht, deren Bedeutung für den Lebensproceß der Pflanze Jedermann oberflächlich hinreichend bekannt ist. Viele Pflanzen gedeihen nur in den Tropengegenden, viele nur in der gemäßigten, andere finden wir fast nur in der kalten Zone; im Winter sterben die grünen Pflanzentheile ab, nur im Sommer entwickelt sich ein reiches vegetabilisches Leben. Aber in welcher Weise übt die Wärme der Luft hier ihre Wirkung aus? Wo und wie greift sie in das Leben der Pflanze ein? Eine Wirkung ist klar. Gefriert das Wasser in der Kälte, so hört damit selbstverständlich auch der für das Grünen, Blühen und Fruchttragen derselben erforderliche Saftkreislauf auf. Wo die Temperatur niemals oder nur selten unter den Gefrierpunkt sinkt, ist deshalb auch ein zweimaliges Blühen der Pflanzenwelt in einem Jahre eine bekannte Erscheinung. Aber die Wärme wirkt ohne Frage auch noch in anderer Weise auf die Bildungsprocesse der Pflanze ein. Wo hoher Wärmegrad der Luft mit großer Trockenheit derselben verbunden ist, muß die Verdunstung der Pflanze, die Wassererhalation, eine viel bedeutendere sein, als in kältern und feuchten Klimaten; der Kreislauf des Wassers in der Pflanze muß darnach differiren und für die gesammten Bildungsvorgänge kann das nicht gleichgültig sein. Nach Bunsen's lehrreichen Untersuchungen*) ändert sich ferner die Zufuhr assimilirbaren Stoffes (der Kohlensäure) mit der

*) S. Bunsen: Ueber das Gesetz der Gasabsorption. Liebig und Wöhler's Annalen d. Chemie u. Pharmacie. Bd. 93. Heft 1. 1855.

Temperatur der Luft und dem Barometerstande, denn beide wirken modificirend auf die Absorptionsfähigkeit des Wassers (hier des Regens, des Thaus, der Bodenfeuchtigkeit) für Kohlensäure ein. Bei mittlerem Barometerstande absorbirt 1 Volumen Wasser aus der Atmosphäre

bei 0° C.	= 0,000744	Volum.	Kohlensäure,
„ 5° C.	= 0,000600	„	„
„ 10° C.	= 0,000490	„	„
„ 15° C.	= 0,000415	„	„
„ 20° C.	= 0,000373	„	„

Die mit einem sehr kohlensäurereichen Gasgemenge in Berührung stehende Bodenfeuchtigkeit absorbirt ferner aus demselben auf 1 Volumen

bei 0° C.	= 0,00862	Volum.	Kohlensäure,
„ 5° C.	= 0,00760	„	„
„ 10° C.	= 0,00681	„	„
„ 15° C.	= 0,00626	„	„
„ 20° C.	= 0,00595	„	„

Je höher also die Temperatur der Luft und des Erdbodens, um so geringer der Kohlensäuregehalt des Regens, des Thaus, der die Wurzeln benetzenden Bodenfeuchtigkeit und des Pflanzensaftes selbst. Müssen darnach nicht auch die Bildungsvorgänge und Bildungsprodukte verschieden ausfallen? Läßt es sich verkennen, wie Bunsen selbst sagt, daß die Natur in dieser Weise darauf hinzielt, die kümmerliche Vegetation des kalten Nordens mit reicherer Nahrung zu unterstützen und den üppigen Pflanzenwuchs der heißen Klimate durch eine spärlichere Zufuhr in Schranken zu halten? Wir erwähnten so eben der Bodentemperatur. Es ist längst bekannt, daß dieselbe je nach der Farbe des Bodens variirt. Auf der Insel Graziosa (canarische Inseln) fand v. Humboldt neben einander weißen und schwarzen (basaltischen) Sand; während der erstere eine Temperatur von 40° C. besaß, zeigte das Thermometer in dem letztern 54,2° C. Schübler ferner beobachtete, daß Erdarten bei 20° R. Lufttemperatur, wenn ihnen künstlich eine weiße Oberfläche gegeben wurde, eine Temperatur von 33—34,8° R., bei einer künstlich schwarz gefärbten Oberfläche dagegen eine Temperatur von 39°,1—41° R. zeigten, während dieselben Erden

in ihren verschiedenen natürlichen Farben im trocknen Zustande von 28°,1—31°,8, im feuchten von 34°,1—37°,9 variirten. Man hat auf diese verschiedenen Temperaturverhältnisse verschieden gefärbter Bodenarten manche Eigenthümlichkeiten in der geographischen Verbreitung der Pflanzen zurückzuführen gesucht. Durch Bunsens Untersuchungen aber ist uns jetzt zuerst eine sichere Grundlage geboten, um den Einfluß jener Verhältnisse auf das Leben der Pflanze richtig zu deuten. Der Kohlensäuregehalt der Luft beträgt in 10,000 Theilen nach Saussure's Untersuchungen im Mittel 4,15 Theile, d. i. in 1 Volum. 0,000415 Volumen; Regen, Thau und Pflanzensaft, falls dieser ein gleiches Absorptionsvermögen für die Kohlensäure hat wie das Wasser, nehmen von diesem Kohlensäuregehalt der Luft je nach der Temperatur und dem Barometerstande verschiedene Mengen auf. Bei 15 ° C. und mittlerem Barometerstande werden z. B. die über dem Boden befindlichen Pflanzentheile nie mehr, als 0,000415 Volum. Kohlensäure aufzunehmen vermögen. In dem Erdboden und namentlich in dem humusreichen Boden findet dagegen eine beständige Kohlensäurebildung statt (s. Vortr. 6); im günstigsten Falle bildet sich hier ein Gasgemenge von 79,007 Stickstoff und 20,993 Kohlensäure, so daß also aller Sauerstoff der atmosphärischen Luft hier durch Kohlensäure vertreten ist. Aus diesem Gasgemenge nimmt nun die den Boden tränkende Feuchtigkeit und weiterhin der Saft der Pflanzenwurzel die Kohlensäure auf. Sie beläuft sich bei 15 ° C. auf die 15fache Menge der aus der Luft aufgenommenen. Aber auch diese Menge variirt nach der Temperatur des Bodens, und es ist leicht ersichtlich, wie different danach die Bildungsvorgänge in der Pflanze selbst sein müssen. — Sollten wir uns hier nicht aber endlich auch wieder jener schon früher (im 5ten Vortrage) erwähnten Worte Humboldt's erinnern, in denen er des Einflusses der Wärme auf die Hervorrufung electro-magnetischer Strömungen gedenkt, in denen er sagt, daß diese auf die Functionen vegetabilischer und animalischer Organismen ihren anregenden Einfluß ausüben? Wir haben noch kaum eine Ahnung davon, wie und wo diese Strömungen in die Bildungsvorgänge, in das Leben der Pflanze überhaupt eingreifen; es ist aber kaum möglich, die Vermuthung eines derartigen Einflusses der Wärme zurückzudrängen, wenn man der wunderbar schönen, in größter Ueppigkeit prangenden Pflanzen-

welt der Tropen, von denen wir in unserer Zone durch das, was uns die Gewächshäuser bieten, nur einen schwachen Begriff bekommen, gedenkt.

Als eines zweiten für die Bildung der organischen Verbindungen im Pflanzenreich sehr wesentlichen Momentes erwähnten wir des Lichtes. Wir können uns noch keine Rechenschaft ablegen, in welcher Weise der Einfluß desselben im speciellen Falle erfolgt, in welcher Weise es Stoffe verbindet oder Verbindungen trennt. Darf man aber bei der Erinnerung an einzelne allbekannte Thatsachen, die das Pflanzenleben betreffen, an seiner Einwirkung auf dasselbe zweifeln? Die oben schon mehrfach erwähnte Verschiedenheit des Gasaustausches der Pflanze bei Tag und bei Nacht ist ein hinreichender Beleg für den Einfluß des Lichtes. Die Bewegungserscheinungen mancher Acacien und Oxalis-Arten werden nicht minder durch den abwechselnden Einfluß und Mangel des Lichtes hervorgerufen. Gelang es doch Decandolle durch künstliche Beleuchtung der Pflanzen während der Nacht und Dunkelhalten derselben während des Tages die Perioden ihres s. g. Wachens und Schlafens umzukehren! Und hat man doch bei Sonnenfinsternissen die Blätter einschlafen sehen, während es umgekehrt bei manchen Pflanzen und namentlich den verschiedenen Oxalis-Arten des hellen Sonnenscheins bedarf, wenn sie ihre Blätter vollständig ausbreiten sollen! *) Es ist ferner eine bekannte Erscheinung, daß Pflanzen, welche im Dunkeln wachsen, eine bleiche Farbe behalten, daß nur erst in Folge des Lichteinflusses die grüne Farbe hervortritt. Schleiden berichtet uns, daß er Hafer auf feuchtem Sande unter einer Bedeckung von Zinkblech keimen ließ, bis die Blattknospe eine Länge von 4 Zoll erreicht hatte; aber dieselbe erschien durchaus bleichgelb. Jetzt wurden die Pflänzchen ausgerissen, abgewaschen, zwischen Fließpapier getrocknet und dann auf weißem Papier zum Austrocknen in die Sonne gelegt. Schon nach 6 Stunden waren fast alle Pflänzchen lufttrocken, aber auch alle grasgrün geworden! **) Einen schlagendern Beweis für den Einfluß des Lichtes kann es nicht geben. Aber nicht nur das; durch die Untersuchungen von Draper, ***) Zyantedeschi, Sennebier u. A. ist

*) Vgl. v. Mohl a. a. O. S. 301.

**) Grundzüge d. wissenschaftl. Botanik. II. 1850.

***) Vgl. v. Mohl a. a. O. S. 240.

es auch nachgewiesen, daß die verschiedenen Strahlen des Sonnenspectrums einen bedeutenden Einfluß auf die Menge des ausgeschiedenen Sauerstoffs ausüben. Nach Draper entwickelte sich im rothen Lichte 0,0 Sauerstoff; im rothen und orangefarbenen 24,75; im gelben und grünen 43,75; im grünen und blauen 4,10; im blauen 1,0; im indigofarbenen 0,0. Zyantedeschi,*) dessen Untersuchungen von Dutrochet der Académie des sciences in Paris vorgelegt wurden, kam im Einzelnen nicht zu gleichen Resultaten, erhielt aber im Wesentlichen durch seine Beobachtungen dasselbe Resultat, wie Sennebier und Carradori, daß nämlich die Vegetation kümmerlich von Statten geht, wenn das Licht durch gefärbtes Glas zu den Pflanzen gelangt. So erkennen wir die Wahrheit des Ausspruches von A. v. Humboldt:**) „Das Licht und die von diesem unzertrennliche strahlende Wärme sind für die nicht selbstleuchtenden Weltkörper, für die Oberfläche unseres Planeten eine Hauptursache aller Bewegung und alles organischen Lebens;" mit ihm fühlen wir das Treffende der Worte John Herschel's, der in seinen „Outlines of astronomy", wenn wir es in unsre Sprache übertragen, sagt: „Durch die belebende Thätigkeit der Sonnenstrahlen werden die Pflanzen befähigt, die unorganischen Verbindungen zu assimiliren; sie werden dadurch die Quellen der Nahrung für Thiere und Menschen und zugleich die Quellen jener großen Kraftmengen, die in unsern Kohlenlagern zu technischen Zwecken verwendbar aufgehäuft sind. Die Strahlen der Sonne sind es, die die Wässer des Meeres in Dampfform sich in die Luft erheben lassen, die das Land bewässern und Quellen und Flüsse erzeugen. Sie bringen alle Störungen in dem Gleichgewichte der Elementarstoffe hervor, welche durch eine Reihe von Verbindungen und Trennungen immer neue Stoffe bilden und sich als solche verbreiten."

Wir haben endlich noch der Electricität zu gedenken. Allein über den Einfluß derselben auf die Bildungsvorgänge in der Pflanze ist, wie wir oben schon andeuteten, bis dahin leider! so viel als Nichts positiv festgestellt. „Bei dem jetzt vielfach erforschten, innigen Verkehr

*) Académ. des sciences. Paris. May 1844.
**) Kosmos III. S. 44.

zwischen Licht, Wärme, Electricität und Magnetismus" ist nur die Vermuthung nicht fern liegend, daß eben die Electricität eine vor Allem hohe Bedeutung für das Leben der Pflanze besitze, ja daß Licht und Wärme vielleicht zum großen Theil durch Erregung magneto-electrischer Strömungen und dadurch bedingte Stoffverbindungen und Stoffzersetzung ihre Wirkung äußern. Diese Vermuthung wird unterstützt durch die Erfahrungen, welche wir über die stoffzersetzende Kraft der Electricität (die Wasserzersetzung u. s. w.) besitzen, sie wird unterstützt durch die Forschungen du Bois-Reymond's über die electrischen Strömungen in den Nerven des Thierkörpers, deren Einfluß auf die chemisch-physikalischen Bildungsvorgänge in letzterem von so eminenter Bedeutung sind. „Die Electricität des Luftkreises," sagt A. v. Humboldt,*) „wirkt mächtig ein auf die ganze Thier- und Pflanzenwelt; nicht etwa bloß durch meteorologische Processe, durch Niederschläge von Wasserdämpfen, Säuren oder ammoniakalischen Verbindungen, die sie veranlaßt, sondern auch unmittelbar, als elektrische (nervenreizende oder Saftumlauf befördernde) Kraft." — Und nicht nur die Electricität des Luftkreises kommt hier in Frage. Wenn wir uns des von Pouillet und Becquerel gelieferten Nachweises erinnern, daß sowohl die chemische Verbindung von Stoffen, als die Trennung einzelner Verbindungen von Electricitätsentwicklung begleitet ist, wenn wir ferner der von Becquerel und Donné mitgetheilten Beobachtungen gedenken, denen zufolge auch der Diffusionsstrom zwischen sauren und alkalischen durch eine thierische Membran getrennten Flüssigkeiten von Electricitäts-Entwicklung begleitet ist, und wenn wir daneben dann die leicht zu beobachtende Erscheinung des verschiedenartig reagirenden Inhaltes verschiedener Pflanzenzellen, deren oben bereits Erwähnung geschah, berücksichtigen, so ist es klar, daß mit der Nothwendigkeit en- und exosmotischer Strömungen in der Pflanze selbst auch eine Quelle der Electricität gegeben ist, welche für Stoffbildung und Stoffzersetzung nicht bedeutungslos sein kann. Freilich bedürfen die Donné-Becquerel'schen Versuche noch immer einer Revision, es bedarf, wie bei so vielen Beobachtungen electrischer Erscheinungen, des Nachweises, ob, was wir hier mit Hülfe

*) Kosmos I. S. 361.

von Instrumenten wahrnehmen, in gleicher Weise auch ohne die Anwendung dieser Statt hat, also nicht durch den Beobachtungsapparat selbst zum Theil hervorgerufen ist. Aber dennoch glauben wir es aussprechen zu dürfen, daß die Zeit nicht ganz fern zu sein scheint, wo durch eine tiefere Einsicht in die electrischen Vorgänge im pflanzlichen und thierischen Organismus ein neues Licht über die Lebensvorgänge derselben, und im Besondern über die stoffverbindende und stoffzersetzende Eigenschaft derselben verbreitet werden wird. Was man in dunkeln Vorstellungen bis dahin als Wirkung hypothetischer Lebens- oder Bildungskräfte aufgefaßt hat, das läßt sich vielleicht in nicht ferner Zeit zum Theil als Effekt electrischer Kraft darstellen. Wie überall, so spricht sich auch in dieser Beziehung wieder der geistvolle Verfasser des Kosmos in seinen „Ansichten der Natur" (S. 226 u. S. 34) eben so anregend, als überzeugend und schön aus. „In allen Theilen der Natur," so heißt es dort, „stehen ungleichartige Stoffe mit einander in Berührung. In allen ist das Starre mit dem Flüssigen gepaart. Wo also Organismus und Leben ist, da tritt electrische Spannung oder das Spiel der Voltaischen Säule ein, wie die Versuche von Nobili und Matteuci, vor Allem aber die neuesten, bewunderungswürdigen Arbeiten von Emil Dubois-Reymond lehren." Und weiter: „Was unsichtbar die lebendige Waffe der electrischen Aale (Gymnoten) ist, was, durch die Berührung feuchter und ungleichartiger Theile erweckt, in allen Organen der Thiere und Pflanzen umtreibt; was die weite Himmelsdecke donnernd entflammt, was Eisen an Eisen bindet und den stillen wiederkehrenden Gang der leitenden Nadel lenkt: alles, wie die Farbe des getheilten Lichtstrahls, fließt aus einer Quelle; alles schmilzt in eine ewige, allverbreitende Kraft zusammen."

Damit wollen wir die Frage nach dem Wie? der Entstehung der organischen Verbindungen in der Pflanze abschließen. Die vielfachen Lücken, an welchen hier unser Wissen noch leidet, haben wir unverhohlen aufgedeckt; aber wir suchten gleichzeitig auch eine Reihe von Gesichtspunkten hervorzuheben, deren Festhalten und weiterer Verfolg uns dem Ziele der tiefern Erkenntniß zu nähern verspricht. Die leichte Zugänglichkeit und unerschöpfliche Fruchtbarkeit des Bodens, um dessen Bearbeitung es sich hier handelt, die Möglichkeit, sich überall bestimmte und

klare Antworten auf richtig gestellte und klare Fragen zu verschaffen, das überaus Interessante und weittragend Bedeutungsvolle des Gegenstandes selbst, sie laden zugleich zur fleißigen Arbeit ein, und schon mit wenigen Hülfsmitteln ist es, sobald nur das richtige Verständniß der Aufgaben nicht fehlt, einem Jeden möglich, sich an ihr zu betheiligen. Giebt es doch eben im Gebiete der Pflanzenphysiologie schon mehre Fragen, deren Lösung nicht sowohl den Fachmännern, als einsichtsvollen und ernsthaft forschenden Freunden der Naturwissenschaften gelungen ist! Nur einige Kenntniß, gesunder Sinn und ein scharfes Auge, und die Pflanze giebt willig die Antwort auf sinnige Fragen.

Wir haben die einzelnen Zellen der Pflanze als die ersten Werkstätten der den organischen Stoff bildenden Natur kennen gelernt. Wohin schafft sie denn, was sie durch tausendfältige Mischung der Elementarstoffe erzeugte, was wir als Produkt der Bildungsvorgänge bezeichneten? Ein stetes Wachsthum, ein unbegrenztes Aufspeichern eingesammelter und verarbeiteter Nahrungsstoffe ist, dem Thiere gegenüber, eine charakteristische Eigenthümlichkeit der Pflanze; doch nicht, daß besondere Organe derselben bestimmt wären, diese Schätze zu bergen, auch hier, wie überall in der Natur, ist Einfachheit das leitende Princip. Was Werkstätte ist, ist Speicher zugleich, und was sie gebildet, das findet sich in den Zellen der Pflanze selbst angehäuft, oder, ausgeschieden von ihnen, erfüllt es die Intercellulargänge oder deckt die Oberfläche einzelner Pflanzentheile. Die stickstoffhaltigen Verbindungen, das Pflanzeneiweiß, das Pflanzencaseïn u. s. w., sie finden sich als schleimige Substanzen in den saftreichen Zellen des Stammes und der Blätter, oder wasserarm in den Zellen der Früchte; das Blattgrün erfüllt in der Form kleiner Kügelchen oder Körner das Innere der Zellen. Das uns unter den stickstofffreien Verbindungen vor Allem interessirende Stärkmehl findet sich ebenfalls in Gestalt kleiner Kügelchen von bald mehr länglicher, kolbiger, bald mehr rundlicher Form in dem Innern der Zellen aufbewahrt; ein Blick nur durch das Microscop auf einen zarten Querschnitt einer Kartoffel, und zu Tausenden sehen wir die von $1/_{500}$—$1/_{6}'''$ an Größe differirenden Kügelchen die zartgefügten Zellen erfüllen. Leicht lassen sie sich dadurch erkennen, daß ein Tröpfchen der braunröthlichen Jodtinctur ihnen sofort die schönste blaue Farbe giebt, und daß sich ein

jedes von ihnen als aus verschiedenen Schichten, die sich allmählig um einen centralen Kern ablagerten, zusammengesetzt darstellt.*) — Der Zucker findet sich in der Regel aufgelöst in dem mehr oder weniger eingedickten Zellsaft, nur selten kommt er ausgeschieden und krystallisirt vor; in reicher Menge ist er bekanntlich in den Stengeln einiger Gräser, in fleischigen Wurzeln und Früchten enthalten. Aber auch ausgeschieden an der Oberfläche kommt er hie und da vor; in flüssiger Form von eigenen Organen der Blüthe, den s. g. Nectarien, abgesondert, dient er hier eben den Bienen und andern Insekten zur Nahrung. Das Gummi kommt aufgelöst im Innern der Zellen vor oder in den s. g. Gummigängen, welche insonderheit in der Familie der Cycadeen und in der Rinde mancher Bäume sehr verbreitet sind. Durch Ueberfüllung und Berstung dieser Gänge wird der flüssige Inhalt dann nach außen entleert, und was wir den „Gummifluß" nennen, wird in dieser Weise verursacht.**) Die Fette, Wachsarten und Harze finden sich endlich entweder in Form von Kügelchen oder als in Wasser lösliche Seifen (Verbindungen der Fettsäuren mit Basen) innerhalb der Zellen, oder sie werden auch auf die Oberfläche der Blätter, Zweige, Rinden u. s. w. in bald größerer, bald geringerer Menge abgesondert, eine Erscheinung, welcher wir tagtäglich und überall begegnen. Die Säuren finden sich, mit Basen zu pflanzensauren Salzen verbunden, im Safte der Zellen; nur selten erscheinen sie frei, d. h. nicht an Basen gebunden. Es sind jene Salze aber in der Regel s. g. saure Salze, und daher der saure Geschmack verschiedener Früchte. Das saure weinsaure Kali giebt den jungen Weintrauben, das saure äpfelsaure Natron-, Kali- oder Kalksalz den unreifen Aepfeln, das saure citronensaure Salz den Citronen zum größten Theil ihren sauren Geschmack. Und ist die Pflanze oder sind gewisse Theile derselben sehr wasserarm, so kommt es auch vor, daß sich die Salze der Pflanzensäuren in Crystallform innerhalb der Zellen ausscheiden; crystallinische Ausscheidungen des oxalsauren Kalkes, des kohlensauren Kalkes oder des schwefelsauren Kalkes werden insonderheit oft in den Zellen gefunden. — So also bewahrt die Pflanze in sich, was sie in

*) Ausführliche eigene Untersuchungen über das Stärkmehl giebt Schleiden in s. Grundz. d. wissensch. Botanik. I. 1849. S. 177 flgde.

**) Vgl. Unger: Anatomie u. Physiologie der Pflanzen. 1855. S. 360.

rastlosem Schaffen erzeugt; gebricht es an Raum, so schafft sie ihn selbst; ja es erscheint sogar der fehlende Raum selbst als ein bedingendes Moment für den schon früher geschilderten Vorgang der Zellentheilung, für das Wachsthum der Pflanze; die erste Faltung der jungen Zellhaut ist nach Pringsheim nur Folge beschränkter Räumlichkeit der Mutterzelle. Ueber all die geschilderten Verhältnisse aber giebt die microscopische Untersuchung irgend welcher Pflanzen und Pflanzentheile leicht Aufschluß. Die grünen Chlorophyllkügelchen, die durch Jod sehr leicht blau zu färbenden Stärkmehlkügelchen, die oft prachtvoll gefärbten Harzkügelchen sind fast tägliche Erscheinungen für denjenigen, der sich mit der feinern Anatomie der Pflanze beschäftigt. Fast ein jeder Quer= oder Längsschnitt eines Pflanzentheils, unter dem Microscope betrachtet, zeigt uns neben dem Bau des Gewebes auch den Inhalt der Zellen, und wo derselbe nicht unmittelbar dem Auge erkennbar ist, da ist durch den Gebrauch nur weniger chemischer Hülfsmittel alsbald die Frage gelöst. —

Die wesentlichsten Erscheinungen des Pflanzenlebens haben wir jetzt einer nähern Betrachtung unterzogen. Wir wissen, wie es sich mit der Aufnahme und Verbreitung der Nahrungsstoffe in der Pflanze verhält, wie es ferner um die Frage nach dem Wie? und Wo? der Bildung und Deposition organischer Verbindungen steht; in einem frühern Vortrage untersuchten wir bereits, wie sich aus diesen in der Pflanze selbst entstehenden Verbindungen die einzelne Zelle bildet, vermehrt und wie damit das Wachsthum der ganzen Pflanze bedingt wird. Es muß einem Jeden überlassen bleiben, die interessanten chemischen Verhältnisse, welche wir bei der Zellenbildung in der Bierwürze kennen lernten, jetzt auf die einzelne Pflanzenzelle zu übertragen und sie in Zusammenhang zu bringen mit demjenigen, was über die en= und exosmotischen Vorgänge, was ferner über die Saftverbreitung in der Pflanze bemerkt wurde. Uebrig bleibt es uns noch, einen Blick auf die wunderbaren Bewegungserscheinungen mancher Pflanzen zu werfen und der Beleuchtung dieser wollen wir zum Schluß eine kurze Betrachtung der Fortpflanzung der Gewächse folgen lassen. —

Wer mit aufmerksamem Blick die Windungen der das Gelände umrankenden Schlingpflanze betrachtet, wer das Sich=Senken und Heben der Blätter der Acacien gesehen hat, der darf in der That durch

die auffallende Art dieser Bewegungen verführt sein, in ihnen ein Gleiches, wie in den willkürlichen Bewegungen der Thierwelt zu suchen. Wir werden überrascht, wenn wir die Mimosa pudica auf einen leisen Reiz, eine Berührung mit dem Finger, die Blätter senken sehen, wir staunen, wenn wir bei eintretender Nacht die Blätter der Acacien wie zu gegenseitigem Schutz aneinandergelegt finden; es will uns kaum glaublich erscheinen, daß die Pflanze diese Bewegungen nicht aus eigenem Antriebe, d. h. willkürlich ausführen soll; und doch haben wir es auch hier wieder ohne Frage mit nichts Anderm, als mit einer Reihe wunderbar geordneter physikalisch-chemischer Verhältnisse zu thun. Wohl ist uns das Gefüge derselben auch hier noch nicht in jedem Falle klar; noch immer ist die Reizbarkeit des Pflanzenzellgewebes eine unläugbare und doch unerklärte Thatsache; aber schon beginnt der wunderbare Vorgang uns verständlicher zu werden, und mehr und mehr wird er durch sinnreiche Experimente enträthselt. Wenn wir, zum größten Theil wenigstens, die Bewegungserscheinungen der Pflanze vollkommen zu beherrschen vermögen, wenn wir dieselben nach Gefallen hindern oder hervorrufen können, so nimmt ihnen das schon im Allgemeinen den Charakter der Willkür, die wir ihnen zuzuschreiben doch so leicht versucht sind. Erfahren wir aber überdies, daß sie, im Einzelnen betrachtet, Effekte bestimmter ponderabler oder imponderabler Agentien sind, so werden wir sicher noch weniger geneigt sein von dunklen Willenskräften der Pflanze zu träumen. Die allbekannte Bewegung des Keimens der Pflanze, in Folge deren er sich stets mit der Wurzelspitze dem Erdboden und mit dem Stammende dem Himmel zuwendet, wurde bereits schon in einem frühern Vortrage (S. 188) nach Knight's und Wigand's Versuchen als eine durch die Schwerkraft an dem in der Entwicklung begriffenen Complexe bestimmter Zellen bezeichnet. Auf rasch gedrehten Scheiben, die mit Erde bedeckt waren, ließ Knight Saamen keimen, die Schwerkraft wurde durch die Centrifugalkraft verdrängt, und nicht mehr in den Boden, sondern gegen die Peripherie der Scheibe hin sandte der Keim seine Wurzel aus. — Eine Einwirkung des Sonnenlichtes ist es, daß sich die Blätter fast aller Pflanzen mit ihrer dunklen Oberfläche dem Lichte zuwenden, daß sich die Blätter von Acacien u. s. w. Nachts heben und am Tage senken, daß sich manche Ranken nach dem

Lichte zu krümmen, andre hingegen (z. B. von Vitis und Ampelopsis quinquefolia) auch umgekehrt von demselben wegwenden. Durch künstliche Modification des Lichtes vermögen wir diese Bewegungserscheinungen zu modificiren und es ist damit eben der Beweis geliefert, daß sie unter dem Einfluß des Lichtes stehen. Allein freilich, wie das Licht selbst nun auf die chemischen oder physikalischen hier in Betracht kommenden Verhältnisse der Pflanze einwirkt, ist bis dahin unenträthselt; denn wenn Dutrochet es auch versuchte, die Erscheinungen auf durch das Licht bedingte Modificationen en= und exosmotischer Vorgänge zurückzuführen, wenn er auch behauptete, daß die Krümmung eines Pflanzentheils von der in Folge des Lichteinflusses gesteigerten Ausdünstung der beleuchteten Seite und dadurch bedingten Zusammenziehung derselben abhängig sei, so hält ihm von Mohl*) mit Recht entgegen, weshalb denn einzelne Theile das Licht geradezu fliehen, während andre es suchen, und die einfache Wendung der dunklen Blattoberfläche gegen das Licht hin ist damit ebenfalls nicht erklärt. — Durch äußerlich angebrachte Reize wird eine dritte Art von Bewegungen der Pflanze hervorgerufen. Insonderheit einige Leguminosen und vor Allem die Mimosa pudica, sodann einige Oxalideen und Droseraceen zeichnen sich in dieser Beziehung aus; im geringen Grade aber auch, nach von Mohl's Beobachtungen, die Stengel und Ranken der Schlingpflanzen. Wie weit entfernt sind wir noch, diesen räthselhaften Erscheinungen der Reizbarkeit eine klare Deutung zu geben! Und doch, auch hier nähert man sich schon nach den Fundamentalversuchen von Lindsay und Dutrochet dem richtigen Verständniß, schon mit großer Gewißheit darf es ausgesprochen werden, daß eine auf angebrachte Reize entstehende Erschlaffung und Turgescenz gewisser Zellengruppen die Bewegungen herbeiführt. Was namentlich die Mimosa pudica anbetrifft, so ist der gemeinschaftliche Blattstiel dieser Pflanze durch ein stark angeschwollenes Gelenk mit dem Stamme verbunden und ähnliche Gelenke finden sich an der Basis der secundären Blattstiele und der einzelnen Blättchen. Auf

---

*) S. v. Mohl's ausgezeichnete Bearbeitung dieses Gegenstandes in seinen mehrerwähnten Artikel in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie: „Die vegetabilische Zelle." S. 299.

eine stärkere Reizung, z. B. eine Erschütterung, oder auf einen auf die **untere** Seite des Gelenkes ausgeübte Reizung senkt sich das ganze Blatt in Folge einer Biegung des am untern Ende des gemeinschaftlichen Blattstiels gelegenen Gelenkes, und war die Reizung stark genug, so nähern sich auch die secundären Blattstiele einander und legen sich die Blättchen, indem sie sich nach vorn und oben drehen, dachziegelförmig über den secundären Blattstielen zusammen. Wodurch wird diese Bewegung bedingt? Der folgende Versuch giebt darüber annähernd einen Aufschluß. Wenn man mitten aus dem bezeichneten Gelenke der Länge nach eine Platte ausschneidet, welche also in ihrer Mitte aus dem Gefäß- oder Holzbündel, zu beiden Seiten aber aus einer Schichte parenchymatösen Zellgewebes besteht, und wenn man diese Platte nun in drei Streifen schneidet, von welchen der mittlere aus dem Gefäßbündel, die beiden seitlichen aber aus Zellgewebe bestehen, so dehnen sich die letztern Stücke sogleich um $1/5$ ihrer Länge nach aus. Daraus erhellt, daß das centrale Gefäßbündel im Verhältniß zur turgescirenden Zellgewebsmasse des Gelenkes zu kurz ist, und daß die letztere im unverletzten Gelenke in der Richtung der Längenachse des Gelenkes zusammengedrückt ist. Im unverletzten Gelenke hält nun die Ausdehnung des Zellgewebes der obern Seite der Ausdehnung des die untere Seite bildenden Zellgewebes das Gleichgewicht, und eine Krümmung des Ganzen wird dadurch vermieden. Wird dagegen vom Gelenke eines noch am Stamm befindlichen Blattes das Zellgewebe der obern Seite bis auf das centrale Gefäßbündel weggeschnitten, so kann das seines Gegendruckes beraubte Zellgewebe der untern Seite seiner Ausdehnung folgen und das Blatt wird in Folge derselben sogleich steil in die Höhe gehoben; das Umgekehrte aber erfolgt, wenn das Zellgewebe der untern Seite entfernt wird, nicht eine Hebung, sondern eine Senkung des Blattes tritt ein. Sollte nicht dadurch zum Theil die so wunderbare Bewegungserscheinung erklärt werden? Wir müssen uns denken, daß ein ähnlicher Effekt, wie durch die Wegnahme der Zellen an der untern Seite des Stiels durch eine Berührung, Reizung u. s. w. derselben herbeigeführt wird; es scheint, als ob die Zellen dadurch gleichsam gelähmt, ihres Bestrebens sich auszudehnen, oder ihres sie ausdehnenden Inhaltes zum Theil beraubt werden, und das Blatt sich

nun in Folge der Ausdehnung der an der obern Seite des Blattstiels befindlichen Zellen senkt. Allein verhehlen wir es uns nicht, daß damit dennoch das Warum? der Erschlaffung der fraglichen Zellen noch keineswegs erklärt ist; nur nach einer Seite hin ist über den Vorgang einiges Licht verbreitet und künftigen Forschungen der Weg gewiesen. — Das Sichanschmiegen und Umschlingen der Ranken vieler Schlingpflanzen um gewisse dargebotene Gegenstände führt von Mohl auf eine gleiche Reizbarkeit des Zellgewebes der Ranken zurück, und daß sich Schlingpflanzen, welche sich von einer Stütze entfernt befinden, derselben dennoch mit ihren Ranken nähern, um an ihr hinaufzuwachsen, erklärt ebenfalls er auf eine höchst einfache Weise aus einer eigenthümlichen, dem Stamme dieser Pflanzen zukommenden drehenden Bewegung, einer Bewegung, deren Ursache gleichfalls freilich bis dahin noch nicht ermittelt ist, wahrscheinlich aber, wie bei jenen Gelenken der Mimosa auf einen großen Reichthum saftigen Zellgewebes an dem Stamme der Schlingpflanzen zurückgeführt werden muß. Endlich sind uns noch einige sehr auffallende Bewegungserscheinungen niederer sowohl, als höherer Pflanzen bekannt, für die uns bis dahin aber jede annehmbare Erklärung mangelt. Es gehört hierher die räthselhafte Erscheinung der Ortsbewegung im Wasser lebender Algen, die Diatomeen, Desmidieen und Oscillatorien. Aus einzelnen Zellen oder Zellenreihen bestehend, zeigen diese einfachsten Pflanzen bald ein Vor- und Rückwärtsweichen, bald ein pendelartiges Schwingen, und bescheint die Sonne das Wasser oder den Schlamm, in denen sie sich aufhalten, so steigen sie in die Höhe, an die Oberfläche des Wassers, eine Andeutung, daß das Licht auch hier wenigstens nicht ganz ohne Einfluß ist. Es gehört hierher ferner die merkwürdige Bewegungserscheinung an dem Hedysarum gyrans. An den dreizähligen Blättern, welche diese Pflanze besitzt, zeigt das Mittelblatt, indem es sich bei Nacht senkt und bei Tage hebt, die gewöhnlichen Schlafbewegungen; die sehr kleinen Seitenblättchen befinden sich dagegen Tag und Nacht in einer ruckweisen Bewegung, durch welche sie abwechselnd gehoben und gesenkt werden. Und ebenfalls hierher gehört jene Bewegung, welche Lindley und Morren an der Honiglippe einer Orchidee, des Megaclinium falcatum beobachteten. Morren zwar überzeugte sich auch hier von einer der oben

erwähnten ähnlichen abwechselnden Anschwellung bald der obern, bald der untern Parthie des Zellgewebes, welches den Stiel der Honiglippe bildet; allein die Ursache dieser Anschwellung ist auch hier noch in Dunkel gehüllt und kaum noch vermögen wir zu ahnen, um welche Verkettung physikalisch-chemischer Verhältnisse es sich hier handelt.

Wir kommen zum Schluß. Die Natur deckt, wie Schleiden in seinem „Leben der Pflanze" sagt, immer den Tisch für die allzeit der Nahrung bedürftige Thierwelt; mit weiser Vorsicht hat sie Sorge dafür getragen, daß es ihr nicht mangelt, daß ihre Vorräthe nicht erschöpft werden. Prüfen wir denn, in welcher Weise sie die Fortpflanzung der Gewächse geordnet hat. Was uns in mannigfaltiger Weise auch hier wieder an neuen Erscheinungen entgegentritt, wollen und können wir nur in Kürze berühren.

Durch einfache Theilung der Zelle wird bei den niedrigsten Pflanzenarten, den einzelligen Algen (den Diatomeen und Desmidieen) die Vermehrung herbeigeführt. Ganz nach dem früher geschilderten Vorgange theilt sich eine Mutterzelle in zwei, mitunter auch in vier junge Zellen. Getrennt von einander oder durch eine schleimige Masse zusammengehalten beginnen diese ihr eigenes Leben. Die Theilung wiederholt sich an jeder von ihnen, und eine Brut gebiert in rascher Aufeinanderfolge die andre. Bei den mehrzelligen Algen (Oscillatorien u. s. w.), deren Wachsthum ebenfalls durch Zellentheilung bedingt war, verhält es sich schon anders. Von ihnen trennen sich, wenn sie eine bestimmte Entwicklung erlangt haben, einzelne kleinere Stückchen, vielleicht einzelne oder zwei oder drei zusammenhängende Zellen ab, und jedes von diesen entwickelt sich nun wieder zu einer neuen Alge. Wir haben hier den einfachsten Fall der bei den höhern Organismen auf das mannigfachste variirenden, wesentlichsten Fortpflanzungserscheinung vor uns; es löst sich ein Theil des mütterlichen Organismus, sobald er eine bestimmte Reife erlangt hat, ab, und dieser entwickelt sich bald ohne, bald nur in Folge einer weiteren Befruchtung wieder zu einem dem mütterlichen gleichen Organismus. Die abfallenden Zellen nennt man im gegenwärtigen Falle: die Brutzellen; die ganze hier beschriebene Art der Fortpflanzung findet sich aber nur bei den niedrigsten Kryptogamen, den genannten Algen, einigen Pilzen, Flechten und noch bei einem Theile der Lebermoose. —

In einem dritten Falle bilden sich an bestimmten Stellen einer Pflanze, häufig namentlich an den Blättern und in dem Winkel der sog. Adern des Blattes, die sog. Brutknospen, Fortpflanzungszellen, welche, durch wiederholte Theilung aus einer einzigen Zelle hervorgehend, entweder der mütterlichen Pflanze vereint bleiben oder abfallen und sich dann selbständig zur neuen Pflanze entwickeln. Diese Art der Fortpflanzung findet sich bei verschiedenen Lebermoosen (Lunularia, Marchantia), und nach Schimper's Untersuchungen namentlich bei den Laubmoosen. Selbst aus den Zellen abgerissener Blätter können sich bei diesen Brutknospen entwickeln. — Ganz dieselbe Art der Fortpflanzung kommt auch bei höhern Gewächsen vor; hier scheint aber allemal eine gewisse Menge, ein Complex von Zellen erforderlich zu sein, damit sich aus einer derselben eine Brutknospe entwickelt; die einzelne Zelle für sich besitzt ein solches Vermögen nur bei den Kryptogamen. Es findet sich diese Art der Fortpflanzung regelmäßig namentlich bei vielen Farrnkräutern, und selbst noch an den Blättern fossiler Arten derselben, die wir früher in der Steinkohle kennen lernten, kann man mit bloßem, und besser noch mit bewaffnetem Auge eine große Anzahl von Brutknospen wahrnehmen. Sobald im natürlichen Laufe der Vegetation solche Blätter absterben und abfallen, bleiben jene Brutknospen lebensfähig und entwickeln sich zu eigenen und neuen Pflänzchen. Hierher ist ferner auch die Art der Fortpflanzung durch sog. Ausläufer oder Stecklinge, wie sie bei der Erdbeere, den Weiden, den Cacteen u. s. w. bekannt ist, zu rechnen. An den abgetrennten oder auslaufenden Theilen der Pflanze bilden sich aus einzelnen Zellen Brutknospen und diese entwickeln sich nun entweder zu Stamm- und Wurzelknospen zugleich, — so bei den Ausläufern der Erdbeere —, oder zur Stamm- oder Wurzelknospe allein, je nachdem der abgenommene Theil der Mutterpflanze Stamm- oder Wurzelknospen schon an sich trug, — so bei den Weiden und Cacteen. Auch selbst abgetrennte Blätter, und namentlich solche, die reich sind an Saft und Parenchymzellen, vermögen Brutknospen und damit neue Pflänzchen zu entwickeln, wie es Schleiden in seinem „Leben der Pflanze" von Bryophyllum calycinum bildlich darstellt und wie es an Aloëblättern oder an den lederartigen Blättern von

Citrus, Ficus elastica u. s. w. beobachtet werden kann. *) — Endlich gehört hierher auch die Fortpflanzung durch Zwiebeln oder Knollen. Zwiebeln und Knollen sind in der That nichts, als in der Erde gebildete, starke, fleischige Brutknospen; in der Regel entwickeln sich dieselben aber erst dann zu eigenen Pflanzen, wenn sie von der Mutterpflanze getrennt sind.

Die vierte und fünfte Art der Fortpflanzung der Gewächse ist die durch Sporen und Saamen. Die Sporen sind die eigentlichen Saamen der blüthenlosen Pflanzen, der Cryptogamen. Sie sind einfache Zellen, die einzeln oder zu mehren in einer Mutterzelle (dem sog. Sporangium) ohne vorhergehende Befruchtung derselben, entstehen, eine organisationsfähige Flüssigkeit enthalten, mitunter auch schon wieder einige Tochterzellen gebildet haben, und sich, von der Mutterzelle ausgestreut, nun zu eigenen Pflanzen entwickeln. Selten jedoch, und es ist das sehr bemerkenswerth, erfolgt diese Entwicklung ohne Weiteres, selten geht die Pflanze unmittelbar aus der Spore hervor. Nur bei den niedrigsten Cryptogamen, den Pilzen, Flechten und Algen wird eine solche unmittelbare Entwicklung der Pflanze betrachtet. **) Bei den übrigen durchläuft die Spore erst ein Entwicklungsstadium. Es bilden sich entweder, wie bei den Laubmoosen, confervenartige Fäden, oder, wie bei den Farrnkräutern und Lycopodiaceen, flächenartige, zellige Gebilde, auf denen sich zwei wesentlich verschiedene Organe, die Antheridien und Keimorgane, entwickeln. Die Keimorgane bilden dann erst den Keim der sich entwickelnden Pflanze, die Antheridien entsenden dagegen die räthselhaften sog. Schwärmfadenzellen, d. h. lebhafte Bewegungen zeigende Zellen mit einem spiralig gewundenen, bewimperten oder unbewimperten Faden, der sich aus dem Kern der Zelle hervorbildet. In Antheridien und Keimorganen hat man hier etwas Aehnliches vor sich, wie in den männlichen und weiblichen Blüthenorganen, den Staubfäden und dem Pistill, der höher entwickelten Pflanzen; allein die etwaige Bedeutung der Schwärmfadenzellen für die Entwicklung der eigentlichen Keimzellen ist noch gänzlich unbekannt, und es bedarf hier noch vieler

---

*) S. Mohl a. a. O. S. 264.

**) Vgl. Schacht: „Die Pflanzenzelle.“ S. 396.

Beobachtungen, bevor wir den ganzen Entwicklungsvorgang zu übersehen vermögen.

Ueber die Bildung der Saamen endlich und über die Fortpflanzung der Gewächse durch solche wurde schon am Schluß des vorhergehenden Vortrages Einiges bemerkt. Der Zellen- (Pollen-) bildung in den Antheren, der Schlauchbildung dieser auf das Pistill fallenden Zellen, des Eintritts des Schlauches in den Fruchtknoten, der zweifelhaften Abschnürung des Pollenschlauches hieselbst und der Entwicklung seiner selbst oder einer im Fruchtknoten enthaltenen Keimzelle zum Keime haben wir dort schon gedacht. Diese Art der Fortpflanzung findet sich bei allen blüthentragenden Gewächsen oder Phanerogamen. Ausführlicheres darüber findet sich bei von Mohl,*) Schacht**) und Schleiden.***)

So haben wir den innern Bau der Pflanze und das sie erfüllende Leben, so weit es hier möglich war, einer nähern Prüfung unterzogen. Wie mancher Frage begegneten wir, welche noch ihrer Lösung wartet! Wie wenige Lebenserscheinungen im Reiche der Vegetabilien haben bis dahin eine befriedigende Erklärung gefunden! Muß es in der That nicht auffallend erscheinen, daß während die Bahnen und Größenverhältnisse in endloser Ferne von uns kreisender Gestirne mit bewunderungswürdiger Schärfe berechnet und mit Sicherheit ermittelt sind, das uns so nahe liegende Leben der allzeit zugänglichen Pflanzen, dem es an fleißigen und geistvollen Forschern doch keineswegs gefehlt hat, in so vieler Beziehung noch unenträthselt blieb? Doch staunen wir nicht; bewundern wir vielmehr die wie im Großen, so auch im räumlich Kleinsten sich offenbarende Größe des Schöpfers und bedenken, daß die Ermittlung der Naturgesetze um so schwieriger ist, je zarter die Gegenstände selbst sind, an welchen sie zur Erscheinung kommen. Daß es sich hier, wie wir es oben schon voranstellten, nur um die Ermittlung einer Reihe physikalischer und chemischer Vorgänge und der engen Verkettung derselben handelt, darf uns nicht mehr zweifelhaft sein. Um so größer

*) A. a. O. S. 280.
**) Die Pflanzenzelle. S. 405.
***) Grundz. d. wissenschaftl. Botanik. S. 513.

aber, als die Schwierigkeit eben dieser Ermittlung ist, um so kräftiger nur sei das Streben. Nun uns durch die große Vollkommenheit unserer optischen Instrumente, so wie durch die bedeutenden Fortschritte der Chemie und Physik, so manche Unterstützung geboten wird, steht auch der Arbeit neuer Gewinn in Aussicht, und mächtig muß es uns hinziehen zu der Lösung von Fragen, welche in verschiedener Beziehung von der weittragendsten Bedeutung sind. — Was die Pflanzenphysiologie der landwirthschaftlichen Praxis unmittelbar geleistet hat und noch zu leisten vermag, kann nur dem noch unklar sein, der für naturwissenschaftliche Thatsachen überhaupt kein Verständniß hat. Aber das ist es nicht allein. Es handelt sich hier nicht nur um die Erforschung eines für sich abgeschlossenen Gegenstandes und die Erforschung dessen, was die Pflanze selbst betrifft; das Streben gilt vielmehr gleichzeitig der Entwicklung allgemeiner Gesetze, die das Entstehen organischer Verbindungen und einfachster Lebensformen, die das Leben der Organismen überhaupt beherrschen, und damit erlangt es wie auf der einen Seite eine tiefe allgemein-naturwissenschaftliche Bedeutung, so auf der andern, in richtiger Verwendung seiner Resultate für die thierischen Organismen, auch wieder einen hohen praktischen Werth. Dieselben Stoffe, dieselben Kräfte, welche das Leben der Pflanze bedingen, bedingen zum großen Theil auch das Leben des Thieres. Wir wissen es wohl, es durchkreist die Pflanze kein Blut, getrieben von einem pulsirenden Herzen, es belebt ihren Bau kein Nerv, aber die Erkenntniß der Bildung und der Metamorphosen der organischen Verbindungen in ihr, wird uns die Einsicht eröffnen in die Metamorphosen und den Zerfall derselben Verbindungen im thierischen Organismus; das Abhängigkeitsverhältniß, welches zwischen ihnen und den mineralischen Bodenbestandtheilen in der Pflanze obwaltet, wird uns Aufschlüsse geben über gleiche oder ähnliche Beziehungen im Thierkörper; und haben endlich Licht, Wärme und Electricität einen Einfluß auf das Leben jener, so wird die Erkenntniß des Wie? dieses Einflusses auch nicht ohne Bedeutung sein für die Darlegung des Einflusses derselben Agentien auf die Thierwelt. Wird in dieser Weise die Pflanzenphysiologie nicht zu einem mächtigen Stützpunkte für die Lehre vom thierischen Leben? Und hat das richtige Verständniß des letztern nicht sofort auch einen hohen praktischen Werth?

Möchte die Zeit doch nicht fern liegen, wo das Studium der Pflanzenphysiologie eingereiht wird unter die wesentlichsten Aufgaben heranzubildender, praktischer Aerzte; von ihr ist der Ausgang für die Erforschung der Lebenserscheinungen der Organismen nur um so mehr zu nehmen, als uns hier in möglichst einfacher und leicht zu übersehender Form entgegentritt, was in dem Getriebe des thierischen Organismus durch die größere Anzahl concurrirender Verhältnisse und durch die schwierig zu durchschauende Complication der einzelnen Lebensvorgänge mehr oder weniger verdeckt wird.

Noch immer halten wir unser oben entworfenes Bild im Auge; ob uns auch manche Lebenserscheinung der Pflanze in ihrem innersten Wesen noch unklar ist, mehr und mehr erschließt sich uns dennoch das tiefere Verständniß desselben. Die einzelnen Bahnen des kreisenden Stoffes haben wir schon früher in die Pflanze hinein verfolgt; die Bedeutung der einzelnen Stoffe, die Verbindungen, zu welchen sie sich zusammenfügen, sind uns jetzt klar geworden. Dasselbe Wasser des Baches tränkt den Boden der Wiese, wie den des Baumes; der Boden zur einen Seite ist nicht verschieden von dem Boden zur andern. Aber dennoch entwickelt sich hier die Eiche und Buche, dort das Gras und die Wiesenflora. Haben wir nicht eine Einsicht erlangt in die Wege, auf denen die Natur diese ihre Zwecke erreicht? — Weiter sehen wir in den Zellenreihen den Saft sich umtreiben, sehen die Zellen selbst sich theilen und mehren, wissen, wie Baum und Gras wachsen und Keime für zukünftige Generationen entstehen; über das Ganze aber gießt die Sonne ihr belebendes Licht aus, und mit geheimnißvoller Kraft zaubert sie das Kleid hervor, welches die Pflanzenwelt schmückt. — Wenden wir unsere Aufmerksamkeit jetzt den thierischen Organismen zu, welche unser Bild uns vorführte. Was die Pflanze gebildet, ist zur Bildung, zur Nahrung des Thierkörpers bestimmt. Wie sie selbst zum Bestandtheil des letztern wird, wie sie sein Wachsthum, seine Existenz bedingt, welchen neuen Lebenserscheinungen sie damit die Grundlage giebt, in welcher Form sie endlich den thierischen Organismus wieder verläßt, das zu untersuchen soll die Aufgabe unserer fernern Betrachtungen sein. —

Berichtigungen.

S. 5 Z. 6 v. o. statt „in seiner höhern," lies: „seiner höhern."
„ — „ 1 „ u. S. 6 Z. 1 v. o. lies: Skizzen aus der Natur als eines besondern Hebels der Liebe zu den Naturwissenschaften gedenkt, hat von Humboldt in seinen Ansichten der Natur ein treffliches Wort gewidmet.
„ 7 „ 14 „ o. statt „festzuhalten," lies: „festzuhalten ist."
„ 21 „ 13 „ u. „ „besteht," lies: „versteht."
„ 24 „ 5 „ o. „ „mehr" lies: „mehre."
„ 34 „ 11 „ „ „ „salpetersaures" lies: „salpetersaurer."
„ 36 „ 13 „ u. „ „diese" lies: „die."
„ 40 „ 3 „ o. „ „+ Kali" lies: „Kali."
„ 63 „ 15 „ „ „ „auf gegen Kern" lies: „gegen den Kern."
„ — „ 22 „ „ „ „von etwa einer geographischen Meile Höhe" lies: „von einer Höhe von etwa zehn geographischen Meilen."
„ 70 „ 12 „ „ „ „Jahrtausende entstandenen" lies: „Jahrtausende."
„ 74 „ 14 „ „ „ „Abkühlung der" lies: „Abkühlung der damaligen."
„ 96 „ 3 „ u. „ „Garamorphismus" lies: „Paramorphismus."
„ 107 „ 7 „ „ „ „Temperatur, grade" lies: „Temperaturgrade."
„ 114 „ 6 „ „ „ „enist" lies: „einst."
„ 122 „ 3 „ o. „ „Felicee" lies: „Filicee."
„ 126 „ 6 „ „ „ „Monotyledonen" lies: „Monocotyledonen."
„ 127 „ 1 „ „ „ „Dycotyledonen" lies: „Dicotyledonen."
„ 145 „ 13 „ „ „ „Cassians" lies: „Cassian."
„ 148 (Fig. 44 u. 45) gehört hinter das Wort (Echiniden); (Fig. (46) bleibt hinter „ausgezeichnet" stehen.
„ 157 Z. 3 v. o. statt „ziemlich" lies: „zierlich."
„ 177 „ 3 „ u. die Lettern: u. a. O. müssen hinter „Schweiz" stehen.
„ 240 „ 5 „ o. statt „Zellenbildung" lies: „Zellentheilung."
„ 250 „ 15 „ „ „ „Verfolgung" lies: „Verholzung."

Druck von M. Bruhn in Braunschweig.


Erratische Blöcke
Molasse
Alluvium
Deluvium
Kreidegrupp
Meer
Kreide
Jura